

BEST AVAILABLE COPY

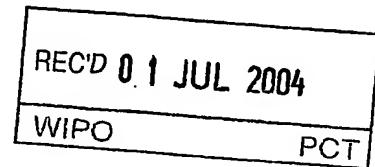
PCT/JP2004/006416

日本国特許庁 06.5.2004
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 5月 9日



出願番号
Application Number: 特願2003-131440

[ST. 10/C]: [JP2003-131440]

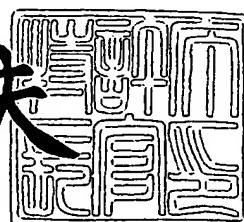
出願人
Applicant(s): 株式会社ニコン

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 6月10日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 03-00181
【提出日】 平成15年 5月 9日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G02B 17/00
H01L 21/027

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内

【氏名】 鈴木 健司

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

【識別番号】 100072718

【弁理士】

【氏名又は名称】 古谷 史旺

【電話番号】 3343-2901

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013354

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9702957

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 照明光学系及び投影露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 極端紫外光を出射する光源、コリメータ、フライアイミラー、及びコンデンサを順に配置し、そのコンデンサの射出側における所定の照明領域をケーラー照明する照明光学系において、

前記フライアイミラーを構成する複数の単位ミラーのうち少なくとも一つは、

前記照明領域の照明ムラの一部又は全部を補正するための反射率ムラを有した補正ミラーである

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項2】 請求項1に記載の照明光学系において、

前記複数の単位ミラーの個数に対する前記補正ミラーの個数の比は、

前記照明ムラの程度に応じた値に調整されている

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項3】 請求項1又は請求項2に記載の照明光学系において、

前記複数の単位ミラーには、それぞれ反射率向上用の多層膜が設けられており

前記補正ミラーの前記多層膜の層数には、前記反射率ムラを実現するための分布が付与されている

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項4】 請求項1又は請求項2に記載の照明光学系において、

前記複数の単位ミラーは、入射光の斜入射角度が全反射角度となる姿勢でそれぞれ配置されており、

前記補正ミラーの反射面の表面構造には、前記反射率ムラを実現するための分布が付与されている

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項5】 請求項4に記載の照明光学系において、

前記光源が射出する前記極端紫外光は、波長50nm以下の極端紫外光であり

前記複数の単位ミラーは、R u又はMoの材料からなり、かつ前記斜入射角度が15°以下となる姿勢で配置される

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項6】 極端紫外光を出射する光源、コリメータ、フライアイミラー、及びコンデンサを順に配置し、そのコンデンサの射出側における所定の照明領域をケーラー照明する照明光学系において、

前記フライアイミラーを構成する複数の単位ミラーのうち少なくとも一つの入射側には、

前記照明領域の照明ムラの一部又は全部を補正するための透過率ムラを有した補正フィルタが配置される

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項7】 請求項6に記載の照明光学系において、

前記複数の単位ミラーの個数に対する前記補正フィルタの個数の比は、

前記照明ムラの程度に応じた値に調整されている

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項8】 請求項6又は請求項7に記載の照明光学系において、

前記補正フィルタの厚さには、前記透過率ムラを実現するための分布が付与されている

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項9】 請求項6～請求項8の何れか一項に記載の照明光学系において、

前記複数の単位ミラーは、入射光の斜入射角度が全反射角度となる姿勢でそれぞれ配置されている

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項10】 請求項9に記載の照明光学系において、

前記光源が出射する前記極端紫外光は、波長50nm以下の極端紫外光であり

前記複数の単位ミラーは、R u又はMoの材料からなり、かつ前記斜入射角度が15°以下となる姿勢で配置される

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項 11】 投影光学系と、

請求項 1～請求項 10 の何れか一項に記載の照明光学系と
を備えたことを特徴とする投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、投影露光装置に搭載される照明光学系に関し、特に、極端紫外光（以下、EUV光という。）を適用した照明光学系に関する。また、本発明は、その投影露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

投影露光装置は、半導体の集積密度を向上させるため、露光波長が短波長化される傾向にある。

それに適用される光源としては、水銀の i 線（波長 365.015 nm）、KrF エキシマレーザ（波長 248 nm）、ArF エキシマレーザ（波長 193 nm）、F₂ エキシマレーザ（波長 157 nm）などが挙げられる。さらには、EUV 光、特に波長 50 nm 以下の EUV 光を光源として用いることも検討されている。

【0003】

因みに、波長 50 nm 以下の EUV 光を用いる場合、光学系の少なくとも一部を反射型に構成する必要が生じる（たとえば、特許文献 1 に記載された照明光学系など。）。

【特許文献 1】

特開 2000-349009 号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

従来、照明光学系の光学設計の分野では照明の均一性を図るために相応の研究がなされているが、このような EUV 光使用の照明光学系においても、同様にそ

の性能が要求される。

【0005】

しかも、EUV光使用の照明光学系には他の照明光学系よりも高いスペックが要求されるので、その光学設計後、実際に照明光学系を組み立てたときに生じる僅かな照明ムラについてまでも低減することが期待される。

【0006】

そこで本発明は、光学系の組み立て後に生じる僅かな照明ムラまでもが低減されたEUV光使用の照明光学系を提供することを目的とする。

また、本発明は、高性能な投影露光装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の照明光学系は、極端紫外光を出射する光源、コリメータ、フライアイミラー、及びコンデンサを順に配置し、そのコンデンサの射出側における所定の照明領域をケーラー照明する照明光学系において、前記フライアイミラーを構成する複数の単位ミラーのうち少なくとも一つは、前記照明領域の照明ムラの一部又は全部を補正するための反射率ムラを有した補正ミラーであることを特徴とする。

【0008】

請求項2に記載の照明光学系は、請求項1に記載の照明光学系において、前記複数の単位ミラーの個数に対する前記補正ミラーの個数の比は、前記照明ムラの程度に応じた値に調整されていることを特徴とする。

請求項3に記載の照明光学系は、請求項1又は請求項2に記載の照明光学系において、前記複数の単位ミラーには、それぞれ反射率向上用の多層膜が設けられており、前記補正ミラーの前記多層膜の層数には、前記反射率ムラを実現するための分布が付与されていることを特徴とする。

【0009】

請求項4に記載の照明光学系は、請求項1又は請求項2に記載の照明光学系において、前記複数の単位ミラーは、入射光の斜入射角度が全反射角度となる姿勢でそれぞれ配置されており、前記補正ミラーの反射面の表面構造には、前記反射

率ムラを実現するための分布が付与されていることを特徴とする。

請求項5に記載の照明光学系は、請求項4に記載の照明光学系において、前記光源が出射する前記極端紫外光は、波長50nm以下の極端紫外光であり、前記複数の単位ミラーは、Ru又はMoの材料からなり、かつ前記斜入射角度が15°以下となる姿勢で配置されることを特徴とする。

【0010】

請求項6に記載の照明光学系は、極端紫外光を出射する光源、コリメータ、フライアイミラー、及びコンデンサを順に配置し、そのコンデンサの射出側における所定の照明領域をケーラー照明する照明光学系において、前記フライアイミラーを構成する複数の単位ミラーのうち少なくとも一つの入射側には、前記照明領域の照明ムラの一部又は全部を補正するための透過率ムラを有した補正フィルタが配置されることを特徴とする。

【0011】

請求項7に記載の照明光学系は、請求項6に記載の照明光学系において、前記複数の単位ミラーの個数に対する前記補正フィルタの個数の比は、前記照明ムラの程度に応じた値に調整されていることを特徴とする。

請求項8に記載の照明光学系は、請求項6又は請求項7に記載の照明光学系において、前記補正フィルタの厚さには、前記透過率ムラを実現するための分布が付与されていることを特徴とする。

【0012】

請求項9に記載の照明光学系は、請求項6～請求項8の何れか一項に記載の照明光学系において、前記複数の単位ミラーは、入射光の斜入射角度が全反射角度となる姿勢でそれぞれ配置されていることを特徴とする。

請求項10に記載の照明光学系は、請求項9に記載の照明光学系において、前記光源が出射する前記極端紫外光は、波長50nm以下の極端紫外光であり、前記複数の単位ミラーは、Ru又はMoの材料からなり、かつ前記斜入射角度が15°以下となる姿勢で配置されることを特徴とする。

【0013】

請求項11に記載の投影露光装置は、投影光学系と、請求項1～請求項10の

何れか一項に記載の照明光学系とを備えたことを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、図面に基づいて本発明の実施形態について説明する。

【0015】

【第1実施形態】

図1、図2、図3、図4、図5、図6、図7、図8、図9、図10に基づいて本発明の第1実施形態について説明する。

図1は、本実施形態の照明光学系の概略構成図である。

この照明光学系は、主に反射型の投影光学系を備えた投影露光装置に適用され、その投影露光装置のレチクル面R（以下、円弧フィールドとする。）をケーラー照明するものである。

【0016】

この照明光学系の光源11は、EUV光（以下、波長50nm以下のEUV光とする。）を射出するレーザプラズマ光源である。

照明光学系には、この光源11の射出側に、コリメータミラー12、フライアイミラー13、及びコンデンサミラー14が順に配置される。

このうち、フライアイミラー13は、複数の単位ミラー 13_{in-1} , 13_{in-2} , ... を並列配置してなる入射端 13_{in} 、複数の単位ミラー 13_{out-1} , 13_{out-2} , ... を並列配置してなる射出端 13_{out} を有する。

【0017】

ここで、並列配置とは、入射光束のうち互いに異なる部分光束に対し個別に作用する配置であり、一方、直列配置とは、入射光束の全体に対し順に作用する配置である。

この構成の照明光学系において、光源11から射出した光束は、コリメータミラー12にて反射して平行光束化した後、フライアイミラー13の入射端 13_{in} に入射する。

【0018】

入射端 13 in を構成する各単位ミラー 13 in-1, 13 in-2, . . . から個別に射出した光束は、それぞれ集光しつつ射出端 13 out を構成する単位ミラー 13 out-1, 13 out-2, . . . に個別に入射する。

それら単位ミラー 13 out-1, 13 out-2, . . . にて反射した各光束は、コンデンサミラー 14 によって同一の位置（レチクル面 R 上）に導光され、重畳する。

【0019】

このうち、フライアイミラー 13 の入射端 13 in を構成する単位ミラー 13 in-1, 13 in-2, . . . の反射面は、入射光束を集光するためにそれぞれ正の光学的パワーを有している（すなわち、凹面である。）。

また、これら単位ミラー 13 in-1, 13 in-2, . . . の反射面は、コリメータミラー 12 の側から見た外形がそれぞれレチクル面 R の相似形状（すなわち、円弧状）となるようその外形が整えられている（後述する図 3 参照）。

【0020】

また、これら単位ミラー 13 in-1, 13 in-2, . . . を始めとする照明光学系内の各ミラーはそれぞれ、ガラス、セラミックス、金属などからなる基板上にモリブデン (Mo) 及びシリコン (Si) 等の異なった 2 種類の材料を繰り返し積層し、反射率向上用の多層膜を形成したものである。

次に、以上の構成の照明光学系の照明ムラの補正について説明する。

【0021】

この照明光学系の光学設計も、従来通りレチクル面 R の照明ムラが低減されるようなされている。しかし、実際の組み立て後にレチクル面 R の照明強度分布を測定すると、例えば図 2 に示すような照明ムラが生じている。

図 2 は、レチクル面 R の照明ムラを説明する図である。

図 2 において、レチクル面 R 内の領域 E a は、照明強度が比較的高い明部であり、別の領域 E b, E c は、照明強度が比較的低い暗部である。

【0022】

以下、この図 2 に示すような照明ムラがレチクル面 R に生じている場合について説明する。

この照明ムラに応じて、本実施形態のフライアイミラー13には、次のとおり変更が加えられる。

図3は、フライアイミラー13の入射端13inを示す図である。

【0023】

図3中に斜線で示すように、入射端13inを構成する複数の単位ミラー13in-1, 13in-2, …のうち一部は、補正ミラー13a又は補正ミラー13b又は補正ミラー13cに置換されている。

補正ミラー13a, 13b, 13cは、その反射面の形状は置換前の単位ミラー13in-1, 13in-2, …の反射面の形状（ここでは、凹面）と変わりないが、補正ミラー13aは、レチクル面Rの明部Eaの照明強度を相対的に低減するための反射率ムラを有しており、補正ミラー13bは、レチクル面Rの暗部Ebの照明強度を相対的に向上するための反射率ムラを有しており、補正ミラー13cは、レチクル面Rの暗部Ecの照明強度を相対的に向上するための反射率ムラを有している。

【0024】

図4は、補正ミラー13aを説明する図である。

図4（1）はこの補正ミラー13aの反射面の各位置に対応するレチクル面Rの各位置を示し、図4（2）は補正ミラー13aの反射面を示し、図4（3）は、図4（2）のII-II'線における補正ミラー13aの断面を示している。

なお、補正ミラー13aの表面（反射面）は実際には凹面だが、図4（3）の断面図では、簡単のため平面で表している（以下の図5、図6、図9、図19における断面図も同様。）。

【0025】

図4（1）（2）に示すように、補正ミラー13aの反射面の領域13Eaがレチクル面Rの明部Eaに対応する。

図4（3）に示すように、補正ミラー13aの領域13Eaにおける断面と、それ以外の領域の断面とでは、互いに異なる。

領域13Ea以外の領域は、基板（ガラス、セラミックス、金属などからなる基板）13a1上に反射率向上用の多層膜（モリブデン（Mo）、シリコン（S

i) 、タングステン (W) 、クロム (Cr) 、炭素 (C) 、NiCr (ニッケルクロム) などからなる多層膜) 13a2 が形成されているのに対し、領域 13Ea は、基板 13a1 のみからなる。

【0026】

このような補正ミラー 13a は、基板 13a1 の基板上に多層膜 13a2 を形成した後、領域 13Ea についてのみその多層膜 13a2 を除去することなどで製造できる。

或いは、基板 13a1 上の領域 13Ea にのみマスクをして多層膜 13a2 を形成し、その後、マスクを除去することなどでも製造できる。

【0027】

図 5 は、補正ミラー 13b を説明する図である。

図 5 (1) はこの補正ミラー 13b の反射面の各位置に対応するレチクル面 R の各位置を示し、図 5 (2) は補正ミラー 13b の反射面を示し、図 5 (3) は、図 5 (2) の II-II' 線における補正ミラー 13b の断面を示している。

図 5 (1) (2) に示すように、補正ミラー 13b の反射面の領域 13Eb がレチクル面 R の暗部 Eb に対応する。

【0028】

図 5 (3) に示すように、補正ミラー 13b の領域 13Eb における断面と、それ以外の領域の断面とでは、互いに異なる。

領域 13Eb は、基板 (ガラス、セラミックス、金属などからなる基板) 13b1 上に反射率向上用の多層膜 (モリブデン (Mo) 及びシリコン (Si) などからなる多層膜) 13b2 が形成されているのに対し、それ以外の領域は、基板 13b1 のみからなる。

【0029】

このような補正ミラー 13b は、基板 13b1 の基板上に多層膜 13b2 を形成した後、領域 13Eb 以外の領域についてのみその多層膜 13b2 を除去することなどで製造できる。

或いは、基板 13b1 上の領域 13Eb 以外の領域にのみマスクをして多層膜 13b2 を形成し、その後、マスクを除去することなどでも製造できる。

【0030】

図6は、補正ミラー13cを説明する図である。

図6（1）はこの補正ミラー13cの反射面の各位置に対応するレチクル面Rの各位置を示し、図6（2）は補正ミラー13cの反射面を示し、図6（3）は、図6（2）のII-II'線における補正ミラー13cの断面を示している。

【0031】

図6（1）（2）に示すように、補正ミラー13cの反射面の領域13Ecがレチクル面Rの暗部Ecに対応する。

図6（3）に示すように、補正ミラー13cの領域13Ecにおける断面と、それ以外の領域の断面とでは、互いに異なる。

領域13Ecは、基板（ガラス、セラミックス、金属などからなる基板）13c1上に反射率向上用の多層膜（モリブデン（Mo）及びシリコン（Si）などからなる多層膜）13c2が形成されているのに対し、それ以外の領域は、基板13c1のみからなる。

【0032】

このような補正ミラー13cは、基板13c1の基板上に多層膜13c2を形成した後、領域13Ec以外の領域についてのみその多層膜13c2を除去することなどで製造できる。

或いは、基板13c1上の領域13Ec以外の領域にのみマスクをして多層膜13c2を形成し、その後、マスクを除去することなどでも製造できる。

【0033】

図7は、補正ミラー13a, 13b, 13cのII-II'線における反射率分布を説明する図である。

図7（a）は、補正ミラー13aの反射率分布、図7（b）は、補正ミラー13bの反射率分布、図7（c）は、補正ミラー13cの反射率分布を示している。

図7（a）に示すように、補正ミラー13aにおいては、領域13Eaの反射率が他の領域の反射率と比較して低くなっている。

【0034】

また、図7 (b) に示すように、補正ミラー13bにおいては、領域13E_bの反射率が他の領域の反射率と比較して高くなっている。

また、図7 (c) に示すように、補正ミラー13cにおいては、領域13E_cの反射率が他の領域の反射率と比較して高くなっている。

そして、フライアイミラー13の入射端13in (図3参照) における補正ミラー13aの個数は、予め測定されたレチクル面Rの明部E_aの明るさの程度 (図2参照) に応じて最適化される。

【0035】

また、フライアイミラー13の入射端13in (図3参照) における補正ミラー13bの個数は、予め測定されたレチクル面Rの暗部E_bの暗さの程度 (図2参照) に応じて最適化される。

また、フライアイミラー13の入射端13in (図3参照) における補正ミラー13cの各々の個数は、予め測定されたレチクル面Rの暗部E_cの暗さの程度 (図2参照) に応じて最適化される。

【0036】

その結果、レチクル面Rの照明強度は、例えば図8に示すように均一化される。

(第1実施形態の変形例)

なお、本実施形態の照明光学系においては、上述した補正ミラー13aに加え、図9 (1) に示すような微調整ミラー13a'を用いることにより、明部E_aの補正を高精度化してもよい。

【0037】

図9 (1) に示す微調整ミラー13a'は、上述した補正ミラー13aと同様の形状をしているが、領域13E_aにも多層膜13a₂が形成されている点において補正ミラー13aとは異なる。この領域13E_aの多層膜13a₂は、領域13E_a以外の多層膜13a₂よりも薄化されている。

この微調整ミラー13a'は、基板13a₁の基板上に多層膜13a₂を形成した後、領域13E_aについてのみその多層膜13a₂を薄化することなどで製造できる。

【0038】

このような微調整ミラー13a'は、補正ミラー13aと同様の補正を少量だけ（少ない補正量で）行うものである。

よって、例えば、補正ミラー13aをn個配置すると過補正となり、補正ミラー13aを(n-1)個配置すると補正不足となるときに、(n-1)個の補正ミラー13aに加えて微調整ミラー13a'を用いれば、明部Eaの補正量を微調整できる。

【0039】

なお、この微調整ミラー13a'は明部Eaの補正量を微調整するものであるが、暗部Ebの補正量を微調整する微調整ミラー13b'（図9（2））や、暗部Ecの補正量を微調整する微調整ミラー13c'（図9（3））を用いてもよい。

また、本実施形態の照明光学系においては、補正ミラー13bの反射面の最上層（領域13Eb）の周縁に相当する部分に図10（1）のようなテーパを形成してもよい。

【0040】

テーパを形成すると、図7（b）に示した反射率分布カーブの段差部の傾斜が緩やかになり、滑らかな変化を示す照明ムラ分布（図2参照）に対応できるので、照明強度（図8参照）のさらなる均一化が図られる。

なお、同様に、補正ミラー13a, 13cの反射面の最上層にテーパを形成してもよい。

【0041】

また、本実施形態では、明部Eaを補正するための補正ミラーが1種類（補正ミラー13aのみ）しか用いられていないが、図10（2）に示すように複数化された補正ミラー13a-1, 13a-2, 13a-3, . . . を用いてもよい。

図10（2）に示す補正ミラー13a-1, 13a-2, 13a-3, . . . は、それぞれ領域13Eaと略同じ位置に反射率の低い領域13Ea-1, 13Ea-2, 13Ea-3, . . . を有しているが、領域13Ea-1, 13Ea

－2, 13Ea-3, …のサイズは若干異なる。

【0042】

領域13Ea-1, 13Ea-2, 13Ea-3, …の各々の外形は、レチクル面R上の照明ムラ分布（図2参照）の各等高線に相当する。

これらの補正ミラー13a-1, 13a-2, 13a-3, …を用いれば、図7（b）に示した反射率分布カーブの段差部の傾斜を緩やかにし、滑らかな変化を示す照明ムラ分布（図2参照）に対応できるので、照明強度（図8参照）のさらなる均一化が図られる。

【0043】

なお、同様に、暗部E_bを補正するための補正ミラー13bや、暗部E_cを補正するための補正ミラー13cを複数種類にしてもよい。

また、本実施形態では、補正ミラー13aの領域13Eaの反射率を相対的に低下させるために、その領域13Eaにおける多層膜13a₂を除去又は薄化したが、その領域13Eaにおける多層膜13a₂上に反射率の低い材料を塗布したり、その領域13Eaにおける多層膜13a₂の表面に微細なキズを付けたりすることによっても、反射率を相対的に低下させることができる。

【0044】

同様に、補正ミラー13bの領域13Eb以外の領域の反射率を相対的に低下させるために、その領域における多層膜13b₂上に反射率の低い材料を塗布したり、その領域における多層膜13b₂の表面に微細なキズを付けたりしてもよい。

同様に、補正ミラー13cの領域13Ec以外の領域の反射率を相対的に低下させるために、その領域における多層膜13c₂上に反射率の低い材料を塗布したり、その領域における多層膜13c₂の表面に微細なキズを付けたりしてもよい。

【0045】

また、本実施形態では、明部E_a、暗部E_b、暗部E_cを個別に補正する補正ミラー13a, 13b, 13cがそれぞれ用いられたが、図10（3）に示すように同時に二つ以上の部分（例えば、暗部E_bと暗部E_c）を補正する補正ミラ

– 13bc を用いることもできる。

また、本実施形態の照明光学系において、フライアイミラー13の入射端13inを構成する単位ミラー13in-1, 13in-2, …は互いに等価なので、補正ミラー13a, 13b, 13cに置換される単位ミラーは、どの単位ミラーであってもよい。

【0046】

また、本実施形態では、補正ミラー13a, 13b, 13cに置換される単位ミラーは、フライアイミラー13の入射端13inを構成する単位ミラー13in-1, 13in-2, …の何れかとされているが、射出端13outを構成する単位ミラー13out-1, 13out-2, …の何れかとすることもできる。

【0047】

但し、入射端13inを構成する単位ミラー13in-1, 13in-2, …とした方が、好ましい。なぜなら、それら単位ミラー13in-1, 13in-2, …の反射面とレチクル面Rとは略共役であるので、補正ミラー13aの領域13Eaのパターンがレチクル面Rの明部Eaのパターンの略相似形となり、補正ミラー13bの領域13Ebのパターンがレチクル面Rの暗部Ebのパターンの略相似形となり、補正ミラー13cの領域13Ecのパターンがレチクル面Rの暗部Ecのパターンの略相似形となるからである。

【0048】

【第2実施形態】

図11、図12、図13、図14、図15、図16、図17、図18に基づいて本発明の第2実施形態について説明する。本実施形態は照明光学系の実施形態である。

図11は、本実施形態の照明光学系の概略構成図である。

【0049】

この照明光学系は、主に反射型の投影光学系を備えた投影露光装置に適用され、その投影露光装置のレチクル面R（以下、円弧フィールドとする。）をケーラー照明するものである。

この照明光学系の光源21は、EUV光（以下、波長50nm以下のEUV光とする。）を射出する光源である。

【0050】

この光源21としては、放電プラズマ光源などが適用可能である。

照明光学系には、この光源21の射出側に、コリメータミラー22、フライアイミラー23、及びコンデンサミラー24が順に配置される。

コリメータミラー22は、複数の単位ミラー22-1, 22-2, …を入射光束に対し並列配置している。

【0051】

フライアイミラー23は、複数の単位ミラー23in-1, 23in-2, …を並列配置してなる入射端23in、複数の単位ミラー23out-1, 23out-2, …を並列配置してなる射出端23outを有する。

コンデンサミラー24は、複数の単位ミラー24-1, 24-2, …を入射光束に対し直列配置している。

【0052】

そして、これらの単位ミラー22-1, 22-2, …, 23in-1, 23in-2, …, 23out-1, 23out-2, …, 24-1, 24-2, …の姿勢は、それらの反射面に対する入射光（ここでは、波長50nm以下のEUV光）の斜入射角度（反射面とのなす角度）がそれぞれ全反射角度となるよう設定される。

【0053】

なお、理想的な全反射は反射率100%の反射であるが、実際には若干の光量ロスは許容せざるを得ないので、本明細書では、文言「全反射」を、「反射率80%以上の反射」とし、入射光が全反射する斜入射角度を特に、「全反射角度」という。

また、これらの単位ミラー22-1, 22-2, …, 23in-1, 23in-2, …, 23out-1, 23out-2, …, 24-1, 24-2, …の反射面には、それぞれモリブデン（Mo）又はルテニウム（Ru）の材料が使用されている。

【0054】

モリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) は何れも反射面に使用される代表的な材料であるが、何れも、入射光の斜入射角度が小さいほど反射率が高くなる。

モリブデン (Mo) の全反射角度は約 15° 以下、ルテニウム (Ru) の全反射角度は約 15° 以下であり、参考までに記すと、珪化モリブデン (MoSi₂) の全反射角度は約 10° 以下である。

【0055】

よって、反射面にそれぞれモリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) の材料が使用される本実施形態の単位ミラー 22-1, 22-2, . . ., 23in-1, 23in-2, . . ., 23out-1, 23out-2, . . ., 24-1, 24-2, . . . の全反射角度は比較的大きく、15° 以下となる。

なお、本実施形態の照明光学系において、s p 偏光間の反射率の違いによる強度差が問題となるような場合には、各反射面の一部又は全部に珪化モリブデン (MoSi₂) の材料を用いるとよい。

【0056】

図12は、本実施形態のコリメータミラー22を説明する図である。

図12 (a) は光軸Zを含む平面でコリメータミラー22を切断した断面図、図12 (b) はコリメータミラー22の斜視図である。

図12 (a) に示すように、コリメータミラー22は、互いに径及び広がり角度の異なる複数のスカート状の単位ミラー22-1, 22-2, . . . を、その裾部 (広がり部) を射出側に向けた状態で光軸Zの周りに配置している (図では、単位ミラーの数を3とした。)。

【0057】

単位ミラー22-1, 22-2, . . . は、それぞれ内側に反射面を有している。

入射光束を平行光束に変換するに当たり、周辺光線を偏向する単位ミラー (つまり径が大きく外側に配置された単位ミラー) ほど、その広がり角度が大きく採られる。

【0058】

また、単位ミラー $22-1, 22-2, \dots$ の反射面は、図12 (a) (b) にも示すように、それぞれ円錐の部分側面の形状とされる。

このような単位ミラー $22-1, 22-2, \dots$ からなるコリメータミラー 22 は、光源 21 から互いに異なる射出角度で射出した光線を個別に平行光束に変換する。

【0059】

なお、コリメータミラー 22 を図13に示すコリメータミラー $22'$ のように変形してもよい。

図13は、コリメータミラー $22'$ を説明する図である。

【0060】

図13 (a) は光軸 Z を含む平面でコリメータミラー $22'$ を切断した断面図、図13 (b) はコリメータミラー $22'$ の斜視図である。

コリメータミラー $22'$ の最外周に配置された単位ミラー $22-1$ は、複数の単位ミラー $22-1-1, 22-1-2, \dots$ を直列配置している (図13では、直列配置される単位ミラーの数を3とした。)。

【0061】

単位ミラー $22-1-1, 22-1-2, \dots$ のそれぞれは、図12に示したコリメータミラー 22 の単位ミラー $22-1$ と同様、スカート状をしており、その反射面が円錐の部分側面の形状をしている。

単位ミラー $22-1-1, 22-1-2, 22-1-3, \dots$ は、光源 21 側からの入射光を順に反射することにより、その入射光を光軸 Z に平行な光線に変換して射出する。

【0062】

なお、最外周以外の単位ミラー $22-2, 22-3, \dots$ のそれについても同様に、複数の単位ミラーを直列配置させてもよい ($22-2-1, 22-2-2, 22-2-3, 22-3-1, 22-3-2, 22-3-3$)。

次に、フライアイミラー 23 (図11参照)について説明する。

上述したようにこのフライアイミラー 23 の単位ミラー $23in-1, 23i$

$n-2, \dots, 23_{out}-1, 23_{out}-2, \dots$ の姿勢は、それぞれ入射光の斜入射角度が全反射角度（ここでは 15° 以下）となるよう設定される。

【0063】

このため、フライアイミラー23の入射端 23_{in} と射出端 23_{out} とは、それら各単位ミラーによる反射光の進行方向に十分な間隔をおいて配置される。

図14は、フライアイミラー23を説明する図である。

図14 (a) にはフライアイミラー23の入射端 23_{in} 、図14 (b) にはフライアイミラー23の射出端 23_{out} を示した。なお、図14 (a) はコリメータミラー22の側から入射端 23_{in} を見た様子であり、図14 (b) はコンデンサミラー24の側から射出端 23_{out} を見た様子である。

【0064】

図15は、フライアイミラー23の入射端 23_{in} を構成する単位ミラー $23_{in-1}, 23_{in-2}, \dots$ の反射面 r の形状を説明する図である。

単位ミラー $23_{in-1}, 23_{in-2}, \dots$ の反射面 r は、それぞれ光軸 Z に平行な中心軸を有しつつその頂点を射出側に向けた放物面の一部の形状をしている。

【0065】

また、単位ミラー $23_{in-1}, 23_{in-2}, \dots$ の反射面 r の外形（図15右上参照）は、コリメータミラー22の側から見たときの形状（図15左上参照）がレチクル面 R の相似形状（すなわち、円弧状）となるよう整えられている。

次に、コンデンサミラー24（図11参照）について説明する。

【0066】

コンデンサミラー24は、射出端 23_{out} から射出する光束を、単位ミラー $24-1, 24-2, \dots$ にて順に反射し、射出端 23_{out} に形成された二次光源群をレチクル面 R （ここでは、円弧フィールド）に重畠して投影する。

これら単位ミラー $24-1, 24-2, \dots$ の少なくとも1つの反射面の形状は、トロイダル非球面である。

【0067】

次に、以上の構成の照明光学系の照明ムラの補正について説明する。

この照明光学系の光学設計も、従来通りレチクル面Rの照明ムラが低減されるようなされている。しかし、実際の組み立て後にレチクル面Rの照明強度分布を測定すると、照明ムラが生じている。

以下、図11上部に示すように第1実施形態と同じパターンの照明ムラ（図2参照。明部Ea, 暗部Eb, Ecを有する。）が生じている場合について説明する。

【0068】

この照明ムラに応じて、本実施形態のフライアイミラー23には、次のとおり変更が加えられる。

図14（a）の中に斜線で示したように、フライアイミラー23の入射端23inを構成する単位ミラー23in-1, 23in-2, …のうち一部の単位ミラーは、その入射側が補正フィルタFa, Fb, Fcの何れかにより覆われている。

【0069】

補正フィルタFaは、レチクル面Rの明部Eaの照明強度を相対的に低減するための透過率ムラを有しており、補正フィルタFbは、レチクル面Rの暗部Ebの照明強度を相対的に向上するための透過率ムラを有しており、補正フィルタFcは、レチクル面Rの暗部Ecの照明強度を相対的に向上するための透過率ムラを有している。

【0070】

図16は、補正フィルタFaを説明する図である。

図16（1）は補正フィルタFaによって覆われた単位ミラー23in-aとその補正フィルタFaとの位置関係を示し、図16（2）は補正フィルタFaをコリメータミラー22の側から見たときの様子を示し、図16（3）は、図16（2）のII-II'線における補正フィルタFaの断面を模式的に示している。

【0071】

図16（1）に示すように、補正フィルタFaは、単位ミラー23in-aの

反射面 r に対する入射光束（平行光束である。）に対し垂直に挿入される。

図16（2）に示すように、コリメータミラー22の側から補正フィルタ F_a を見たときの外形は、コリメータミラー22の側から反射面 r を見たときの形状（すなわち、円弧状）に一致している。

【0072】

図16（2）において、補正フィルタ F_a 上に符号 $F_E a$ で示す領域が、レチクル面 R の明部 E_a に対応する。

図16（3）に示すように、補正フィルタ F_a の領域 $F_E a$ における断面と、それ以外の領域の断面とでは、互いに異なる。

領域 $F_E a$ 以外の領域はベリリウム（ B_e ）の薄い層からなるのに対し、領域 $F_E a$ は、ベリリウム（ B_e ）の厚い層からなる。

【0073】

このような補正フィルタ F_a は、ベリリウム（ B_e ）からなる基板 $F_a 1$ を用意し、その基板 $F_a 1$ の領域 $F_E a$ に対してのみベリリウム（ B_e ）の層 $F_a 2$ を重ねて形成することなどで製造できる。

図17は、補正フィルタ F_b を説明する図である。

図17（1）は補正フィルタ F_b によって覆われた単位ミラー 23_{in-b} とその補正フィルタ F_b との位置関係を示し、図17（2）は補正フィルタ F_b をコリメータミラー22の側から見たときの様子を示し、図17（3）は、図17（2）のII-II'線における補正フィルタ F_b の断面を模式的に示している。

【0074】

図17（1）に示すように、補正フィルタ F_b は、単位ミラー 23_{in-b} の反射面 r に対する入射光束（平行光束である。）に対し垂直に挿入される。

図17（2）に示すように、コリメータミラー22の側から補正フィルタ F_b を見たときの外形は、コリメータミラー22の側から反射面 r を見たときの形状（すなわち、円弧状）に一致している。

【0075】

図17（2）において、補正フィルタ F_b 上に符号 $F_E b$ で示す領域が、レチクル面 R の暗部 E_b に対応する。

図17（3）に示すように、補正フィルタFbの領域FEbにおける断面と、それ以外の領域の断面とでは、互いに異なる。

領域FEb以外の領域はベリリウム（Be）の厚い層からなるのに対し、領域FEbは、ベリリウム（Be）の薄い層からなる。

【0076】

このような補正フィルタFbは、ベリリウム（Be）からなる基板Fb1を用意し、その基板Fb1の領域FEb以外の領域に対してのみベリリウム（Be）の層Fb2を重ねて形成することなどで製造できる。

図18は、補正フィルタFcを説明する図である。

図18（1）は補正フィルタFcによって覆われた単位ミラー23in-cとその補正フィルタFcとの位置関係を示し、図18（2）は補正フィルタFcをコリメータミラー22の側から見たときの様子を示し、図18（3）は、図18（2）のII-II'線における補正フィルタFcの断面を模式的に示している。

【0077】

図18（1）に示すように、補正フィルタFcは、単位ミラー23in-cの反射面rに対する入射光束（平行光束である。）に対し垂直に挿入される。

図18（2）に示すように、コリメータミラー22の側から補正フィルタFcを見たときの外形は、コリメータミラー22の側から反射面rを見たときの形状（すなわち、円弧状）に一致している。

【0078】

図18（2）において、補正フィルタFc上に符号FEcで示す領域が、レチクル面Rの暗部Ecに対応する。

図18（3）に示すように、補正フィルタFcの領域FEcにおける断面と、それ以外の領域の断面とでは、互いに異なる。

領域FEc以外の領域はベリリウム（Be）の厚い層からなるのに対し、領域FEcは、ベリリウム（Be）の薄い層からなる。

【0079】

このような補正フィルタFcは、ベリリウム（Be）からなる基板Fc1を用意し、その基板Fc1の領域FEb以外の領域に対してのみベリリウム（Be）

の層F c 2を重ねて形成することなどで製造できる。

以上の構成の照明光学系では、補正フィルタF aにおいて、領域F E aの透過率が他の領域の透過率と比較して低くなっている。

【0080】

また、補正フィルタF bにおいて、領域F E bの透過率が他の領域の透過率と比較して高くなっている。

また、補正フィルタF cにおいて、領域F E cの透過率が他の領域の透過率と比較して高くなっている。

そして、フライアイミラー23の入射端23in（図3参照）における補正フィルタF aの個数は、予め測定されたレチクル面Rの明部E aの明るさの程度（図2参照）に応じて最適化される。

【0081】

また、フライアイミラー23の入射端23in（図3参照）における補正フィルタF bの個数は、予め測定されたレチクル面Rの暗部E bの暗さの程度（図2参照）に応じて最適化される。

また、フライアイミラー23の入射端23in（図3参照）における補正フィルタF cの個数は、予め測定されたレチクル面Rの暗部E cの暗さの程度（図2参照）に応じて最適化される。

【0082】

その結果、レチクル面Rの照明強度は、例えば図8に示したように均一化される。

（第2実施形態の変形例）

なお、本実施形態の補正フィルタF a, F b, F cは、何れもベリリウムの2層構造からなるが、ベリリウムの1層構造からなり、かつ相対的に透過率を高める領域（補正フィルタF aにおいては領域F E a以外の領域、補正フィルタF bにおいては領域F E b、補正フィルタF cにおいては領域F E c）に開口を設けた補正フィルタを用いることもできる。

【0083】

なお、本実施形態の照明光学系においては、レチクル面Rの明部E aを補正す

るために補正フィルタF aが用いられているが、単位ミラー23in-1, 23in-2, …の一部を、図19(a), 図19(a')に模式的に示す補正ミラー23a, 23a'に置換することによっても、同様の補正が可能である。

これらの補正ミラー23a, 23a'は、その反射面の形状は置換前の単位ミラー23in-1, 23in-2, …の反射面の形状と変わりない。

【0084】

但し、補正ミラー23aは、基板（ガラスやセラミックや金属などからなる）23a1上に順に、比較的反射率の低い珪化モリブデン（MoSi₂）の層23a2、比較的反射率の高いモリブデン（Mo）又はルテニウム（Ru）の層23a3を積層し、モリブデン（Mo）又はルテニウム（Ru）23a3の層23a3のうち領域23Ea（レチクル面Rの明部Eaに対応する部分）を除去したものである。

【0085】

また、補正ミラー23a'は、基板（ガラスやセラミックや金属などからなる）23a1上に順に、比較的反射率の高いモリブデン（Mo）又はルテニウム（Ru）の層23a3、比較的反射率の低い珪化モリブデン（MoSi₂）の層23a2を積層し、珪化モリブデン（MoSi₂）の層23a2のうち領域23Ea以外の部分を除去したものである。

【0086】

また、本実施形態の照明光学系においては、レチクル面Rの暗部Ebを補正するために補正フィルタFbが用いられているが、単位ミラー23in-1, 23in-2, …の一部を、図19(b), 図19(b')に模式的に示す補正ミラー23b, 23b'に置換することによっても、同様の補正が可能である。

これらの補正ミラー23b, 23b'は、その反射面の形状は置換前の単位ミラー23in-1, 23in-2, …の反射面の形状と変わりない。

【0087】

但し、補正ミラー23bは、基板（ガラスやセラミックや金属などからなる）23b1上に順に、比較的反射率の低い珪化モリブデン（MoSi₂）の層23b2、比較的反射率の高いモリブデン（Mo）又はルテニウム（Ru）の層23b3

b 3 を積層し、モリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) の層 2 3 b 3 のうち領域 2 3 E b (レチクル面 R の暗部 E b に対応する部分) 以外の部分を除去したものである。

【0088】

また、補正ミラー 2 3 b' は、基板 (ガラスやセラミックや金属などからなる) 2 3 b 1 上に順に、比較的反射率の高いモリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) の層 2 3 b 3 、比較的反射率の低い珪化モリブデン (MoSi₂) の層 2 3 b 2 を積層し、珪化モリブデン (MoSi₂) の層 2 3 b 2 のうち領域 2 3 E b の部分を除去したものである。

【0089】

また、本実施形態の照明光学系においては、レチクル面 R の暗部 E c を補正するために補正フィルタ F c が用いられているが、単位ミラー 2 3 i n - 1, 2 3 i n - 2, . . . の一部を、図 19 (c) , 図 19 (c') に模式的に示す補正ミラー 2 3 c, 2 3 c' に置換することによっても、同様の補正が可能である。

これらの補正ミラー 2 3 c, 2 3 c' は、その反射面の形状は置換前の単位ミラー 2 3 i n - 1, 2 3 i n - 2, . . . の反射面の形状と変わりない。

【0090】

但し、補正ミラー 2 3 c は、基板 (ガラスやセラミックや金属などからなる) 2 3 c 1 上に順に、比較的反射率の低い珪化モリブデン (MoSi₂) の層 2 3 c 2 、比較的反射率の高いモリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) の層 2 3 c 3 を積層し、モリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) の層 2 3 c 3 のうち領域 2 3 E c (レチクル面 R の暗部 E c に対応する部分) 以外の部分を除去したものである。

【0091】

また、補正ミラー 2 3 c' は、基板 (ガラスやセラミックや金属などからなる) 2 3 c 1 上に順に、比較的反射率の高いモリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) の層 2 3 c 3 、比較的反射率の低い珪化モリブデン (MoSi₂) の層 2 3 c 2 を積層し、珪化モリブデン (MoSi₂) の層 2 3 c 2 のうち領域 2 3 E c の部分を除去したものである。

【0092】

また、本実施形態においても、第1実施形態の変形例のところで述べた各種の方法（補正フィルタ又は補正ミラーの反射面の最上層にテーパを設ける、補正フィルタ又は補正ミラーを複数化する）により、照明強度のさらなる均一化を図つてもよい。

また、本実施形態では、明部E a、暗部E b、暗部E cを個別に補正する補正フィルタF a、F b、F c、又は補正ミラー23 a、23 b、23 cが用いられたが、同時に二つ以上の部分（例えば、暗部E bと暗部E c）を補正する補正フィルタ、又は補正ミラーを用いることもできる。

【0093】

また、本実施形態の照明光学系において、フライアイミラー23の入射端23 inを構成する単位ミラー23 in-1, 23 in-2, …は互いに等価なので、フィルタF a、F b、F cによって覆われる単位ミラー、又は補正ミラー23 a, 23 b, 23 cに置換される単位ミラーは、どの単位ミラーであってもよい。

【0094】

また、本実施形態では、フィルタF a, F b, F cによって覆われる単位ミラーは、フライアイミラー23の入射端23 inを構成する単位ミラー23 in-1, 23 in-2, …の何れかとされているが、射出端23 outを構成する単位ミラー23 out-1, 23 out-2, …の何れかとすることもできる。

【0095】

但し、入射端23 inを構成する単位ミラー23 in-1, 23 in-2, …とした方が、好みしい。なぜなら、それら単位ミラー23 in-1, 23 in-2, …の入射側とレチクル面Rとは共役であるので、補正フィルタF aの領域F E aのパターンがレチクル面Rの明部E aのパターンの相似形となり、補正フィルタF bの領域F E bのパターンがレチクル面Rの暗部E bのパターンの相似形となり、補正フィルタF cの領域F E cのパターンがレチクル面Rの暗部E cのパターンの相似形となるからである。

【0096】

また、本実施形態では、補正ミラー23a, 23b, 23cに置換される単位ミラーは、フライアイミラー23の入射端23inを構成する単位ミラー23in-1, 23in-2, …の何れかとされているが、射出端23outを構成する単位ミラー23out-1, 23out-2, …の何れかとすることもできる。

【0097】

但し、入射端23inを構成する単位ミラー23in-1, 23in-2, …とした方が、好ましい。なぜなら、それら単位ミラー23in-1, 23in-2, …とレチクル面Rとは共役に近いので、補正ミラー23aの領域23Eaのパターンがレチクル面Rの明部Eaのパターンの相似形に近づき、補正ミラー23bの領域23Ebのパターンがレチクル面Rの暗部Ebのパターンの相似形に近づき、補正ミラー13cの領域23Ecのパターンがレチクル面Rの暗部Ecのパターンの相似形に近づくからである。

【0098】

なお、補正フィルタによる照明ムラの低減は、図1に示す照明光学系にも適用することができる。

図1に示す照明光学系に適用する場合は、フライアイミラー13の入射端13in近傍に所定の単位ミラーをカバーするように補正フィルタを配置する。

すなわち、フライアイミラー13の入射端13inを構成する単位ミラー13in-1, 13in-2, …のうち一部の単位ミラーが、前述の図16(3), 図17(3)、図18(3)に示す補正フィルタFa, Fb, Fcの何れかにより覆われる。

【0099】

さらに、別の照明ムラ低減の実施例として、フライアイミラーの単位ミラー(図1において符号13in-1, 13in-2, …, 図11において符号23in-1, 23in-2, …で示した。)のうち一部を、次のような粘性物質の塗布された補正ミラーに置換してもよい。

この補正ミラーは、真空中でガスが発生せず、かつEUV光に対して反射率の

低い粘土、グリース等の粘性のある物質（添加物質としてPt, Auを含有する場合も含む）を単位ミラーの表面に塗布したものである。単位ミラー上に塗布された粘性物質は、化学的処理により単位ミラー上に固着させてある。

【0100】

このように単位ミラーの表面に粘性物質を塗布することにより、レチクル面Rの明部Eaの照明強度を相対的に低減させるための反射ムラを形成すること、あるいはレチクル面Rの暗部Eb, Ecの照明強度を相対的に向上させるための反射ムラを形成することが可能となる。

【第3実施形態】

図20に基づいて本発明の第3実施形態について説明する。本実施形態は投影露光装置の実施形態である。

【0101】

図20は、本実施形態の投影露光装置の構成図である。

本実施形態の投影露光装置は、露光ビームとしてEUV光（例えば波長50nm以下のEUV光）を用いて、ステップ・アンド・スキャン方式により走査露光動作を行う縮小投影型の投影露光装置である。

投影露光装置には、投影光学系200及び照明光学系100が搭載される。照明光学系100は、上述した第1実施形態又は第2実施形態の何れかの照明光学系であり、投影光学系200の物体面に配置されたレチクル102の表面（レチクル面）Rを照明する。

【0102】

投影光学系200は、レチクル面Rにおける反射光束の主光線を、像面側に配置されるウエハ10上に実質的に垂直に投射する。

投影光学系200は、物体面側が非テレセントリックで、且つ像面側がテレセントリックであるとともに、複数枚（例えば2～8枚程度であり、図20では4枚）の反射ミラー106, 107, 108, 109からなる反射系（投影倍率は1/4、1/5、1/6など）である。

【0103】

投影露光装置には、その他、レチクル102を保持するレチクルステージ10

3、ウエハ10を保持するウエハステージ110等が備えられる。

以上の構成の投影露光装置において、照明光学系100は、第1実施形態又は第2実施形態で説明したとおり、レチクル面Rを従来よりも高い精度で均一に照明する。

【0104】

したがって、たとえ投影光学系200が従来と同じ構成であったとしても、投影露光装置は高性能化される。

【その他】

なお、第2実施形態、第3実施形態において、斜入射を利用したフライアイミラーを構成する単位ミラーの形状として、放物面鏡の一部を利用しているが、同様な機能を有するのであれば、他の形状であってもよい。

【0105】

例えば、ウォルター型（I, II, III型全て）、シリンドリカルミラー、トロイダルミラーなどがある。

また、上記第1実施形態、及び第2実施形態、第3実施形態では、反射型の照明光学系、反射型の投影露光装置を説明したが、本発明は、反射屈折型の照明光学系や、反射屈折型の投影露光装置にも適用可能である。

【0106】

【発明の効果】

以上説明したとおり本発明によれば、光学系の組み立て後に生じる僅かな照明ムラまでもが低減されたEUV光使用の照明光学系が実現する。

また、本発明によれば、高性能な投影光学系が実現する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1実施形態の照明光学系の概略構成図である。

【図2】

補正前のレチクル面Rの照明ムラを説明する図である。

【図3】

フライアイミラー13の入射端13inを示す図である。

【図4】

補正ミラー13aを説明する図である。

【図5】

補正ミラー13bを説明する図である。

【図6】

補正ミラー13cを説明する図である。

【図7】

補正ミラー13a, 13b, 13cの反射率分布を説明する図である。

【図8】

補正後のレチクル面Rの照明強度分布を示す図である。

【図9】

微調整ミラー13a'を説明する図である。

【図10】

第1実施形態の変形例を説明する図である。

【図11】

第2実施形態の照明光学系の概略構成図である。

【図12】

コリメータミラー22を説明する図である。

【図13】

コリメータミラー22'を説明する図である。

【図14】

フライアイミラー23を説明する図である。

【図15】

フライアイミラー23の入射端23inを構成する単位ミラー23in-1, 23in-2, ...の反射面の形状を説明する図である。

【図16】

補正フィルタFaを説明する図である。

【図17】

補正フィルタFbを説明する図である。

【図18】

補正フィルタ F_c を説明する図である。

【図19】

第2実施形態の変形例を説明する図である。

【図20】

第3実施形態の投影露光装置の構成図である。

【符号の説明】

11, 21 光源

12, 22 コリメータミラー

13, 23 フライアイミラー

13in, 23in 入射端

13out, 23out 射出端

14, 24 コンデンサミラー

13in-1, 13in-2, . . . , 13out-1, 13out-2, . . . , 22-1, 22-2, . . . , 23in-1, 23in-2, . . . , 23out-1, 23out-2, . . . , 24-1, 24-2, . . . 単位ミラー

13a, 13b, 13c, 23a, 23a', 23b, 23b', 23c, 23c' 補正ミラー

Fa, Fb, Fc 補正フィルタ

R レチクル面

100 照明光学系

200 投影光学系

102 レチクル

103 レチクルステージ

106, 107, 108, 109 反射ミラー

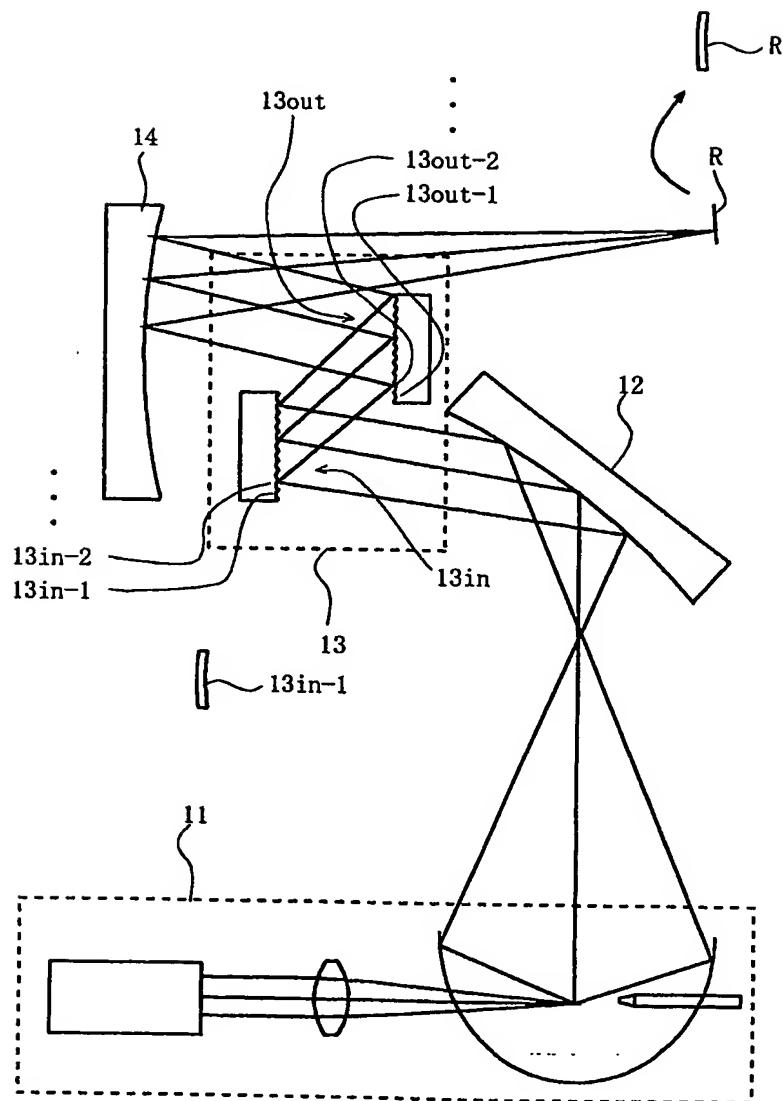
10 ウエハ

110 ウエハステージ

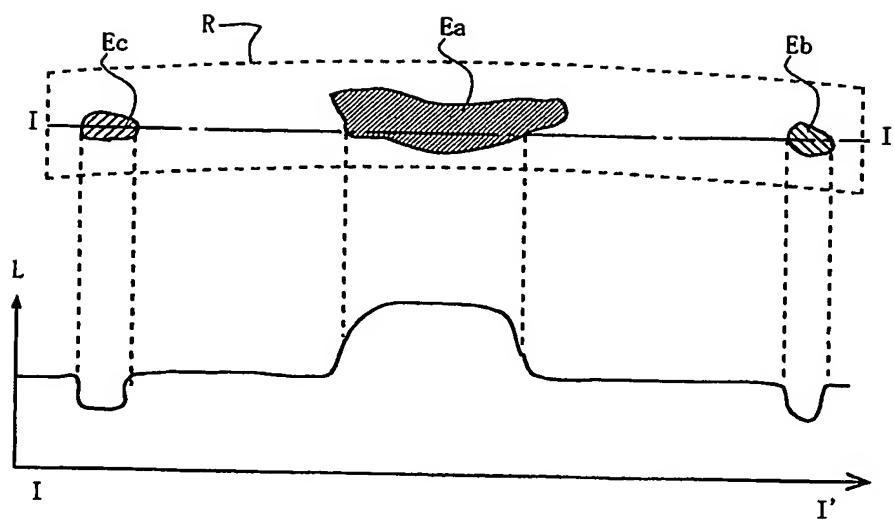
【書類名】

図面

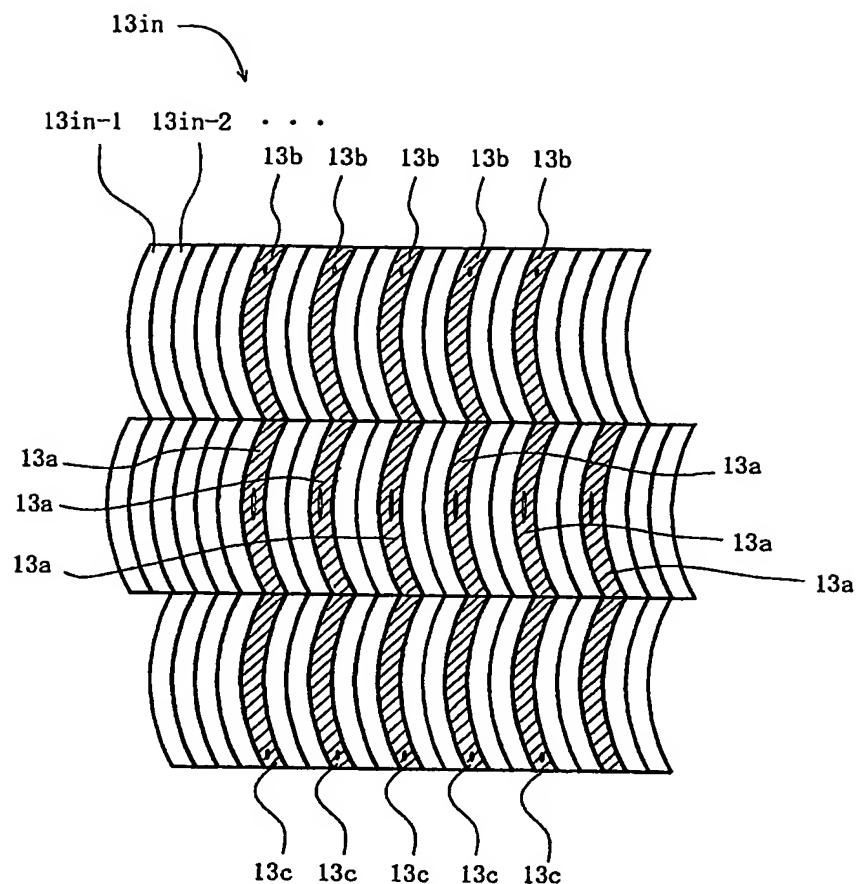
【図 1】



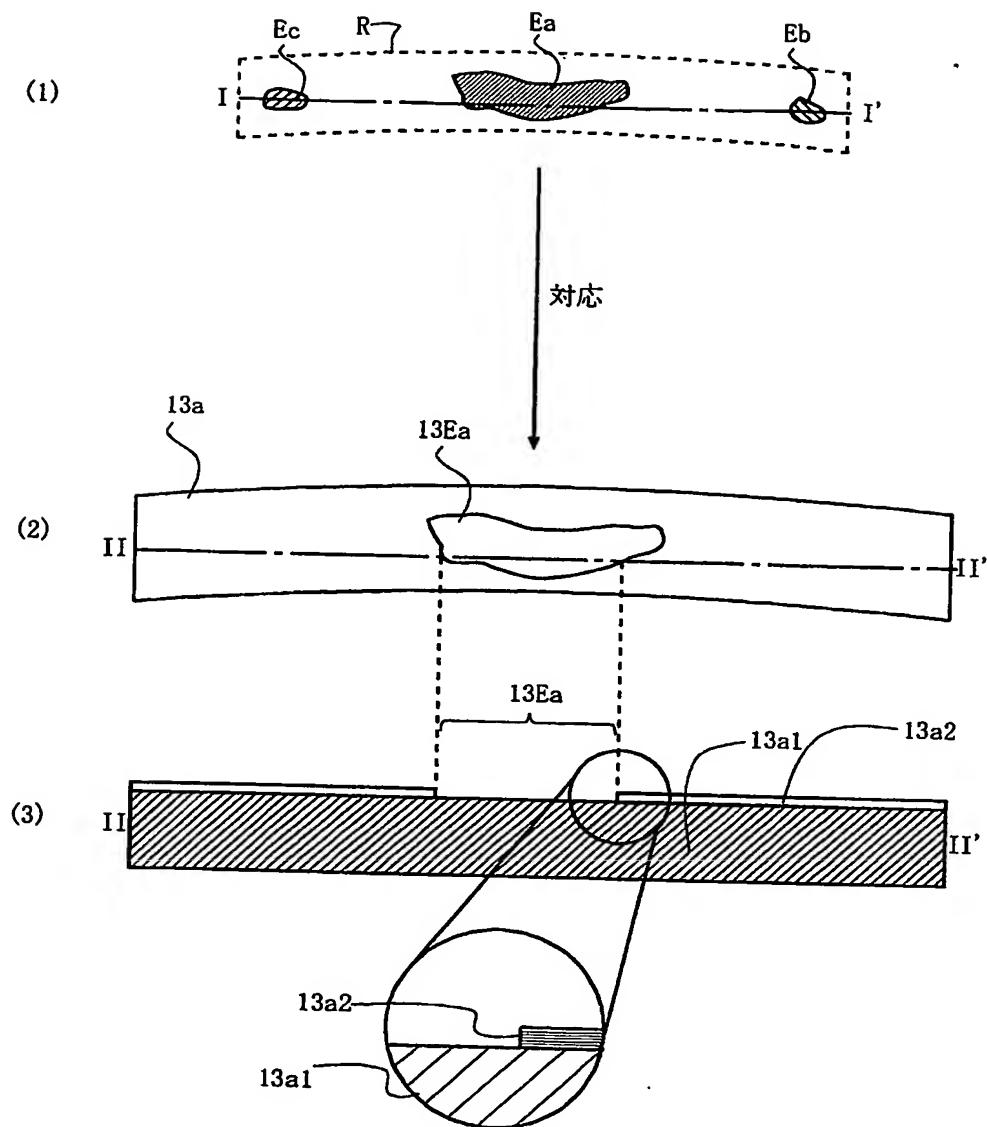
【図2】



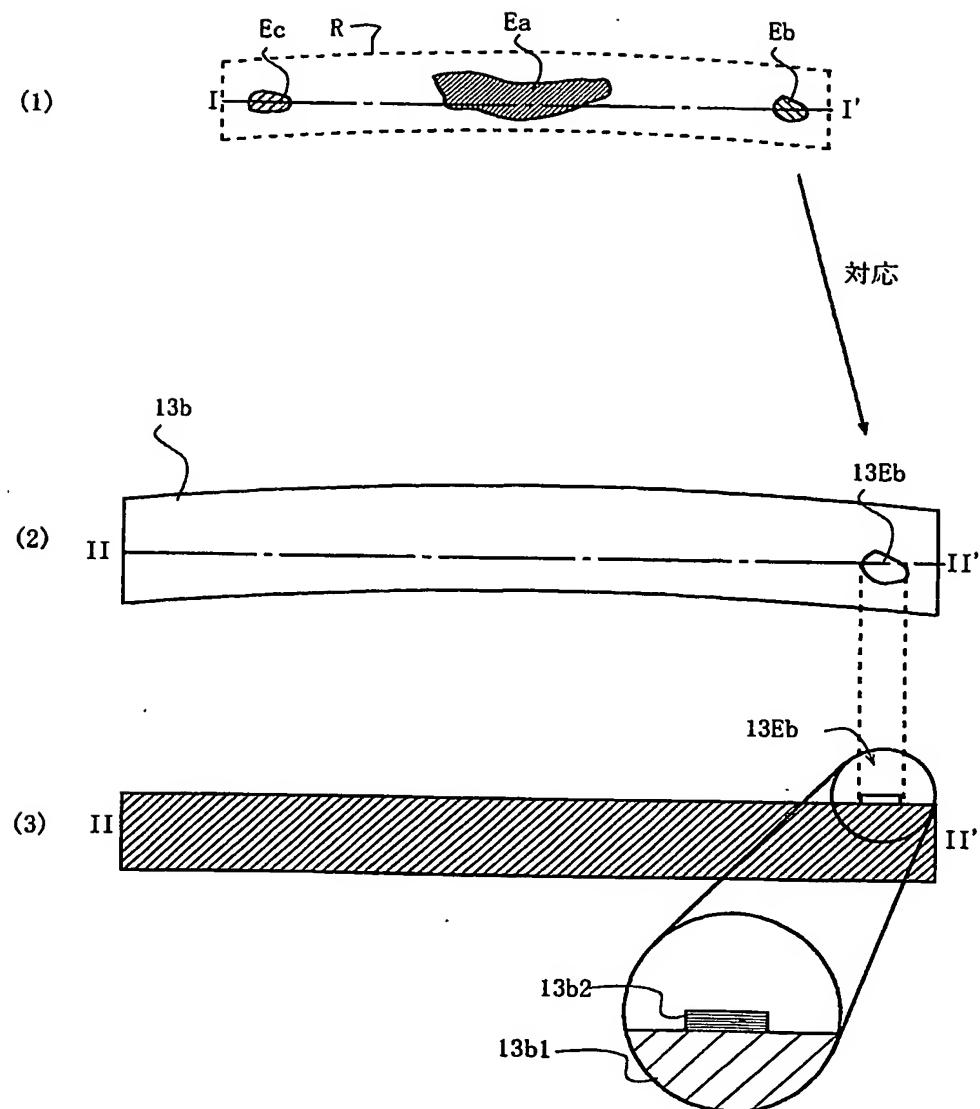
【図3】



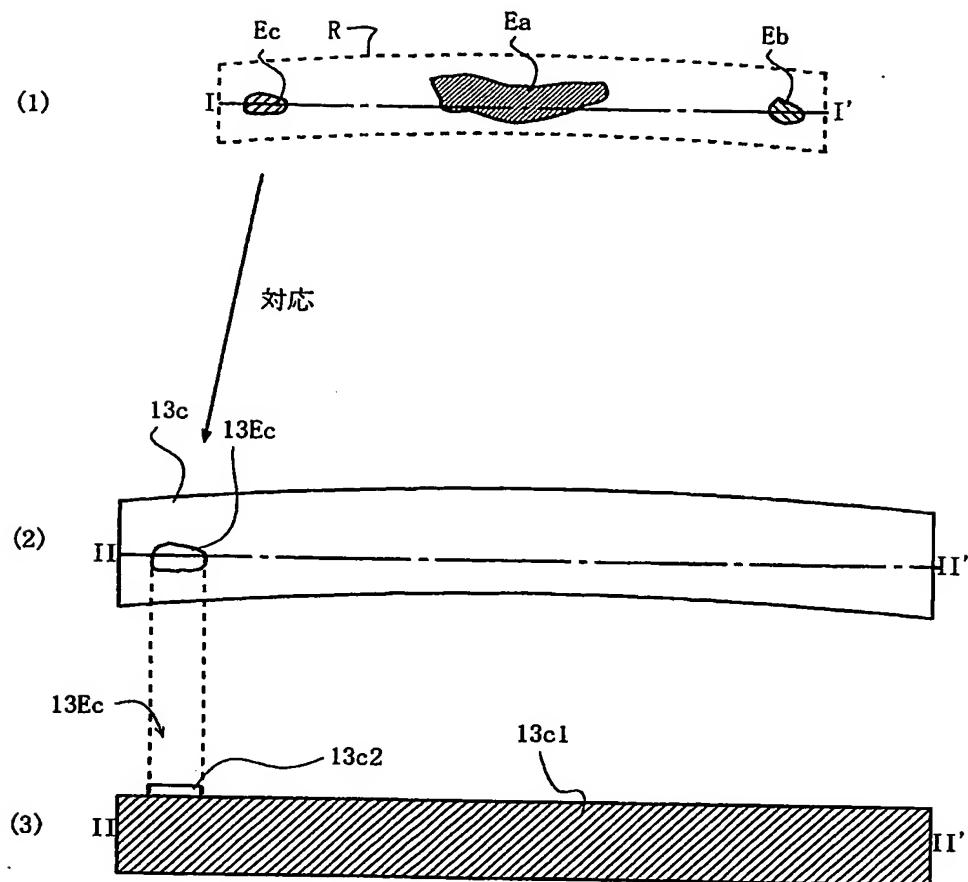
【図4】



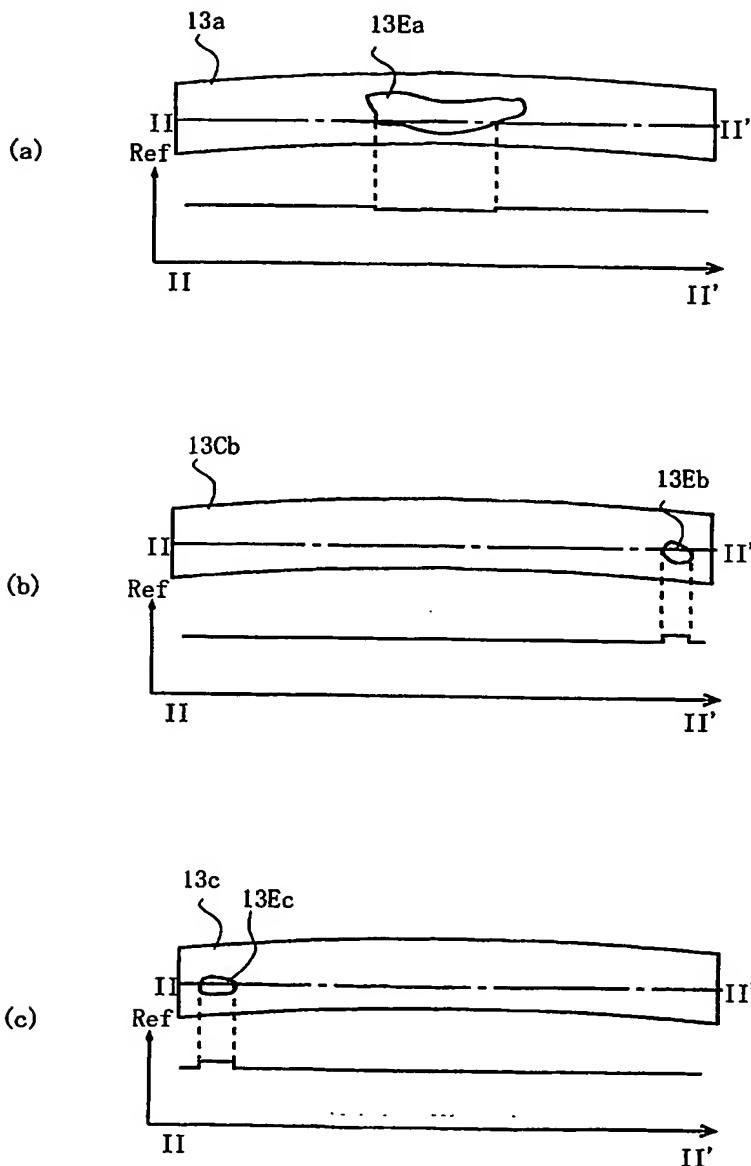
【図 5】



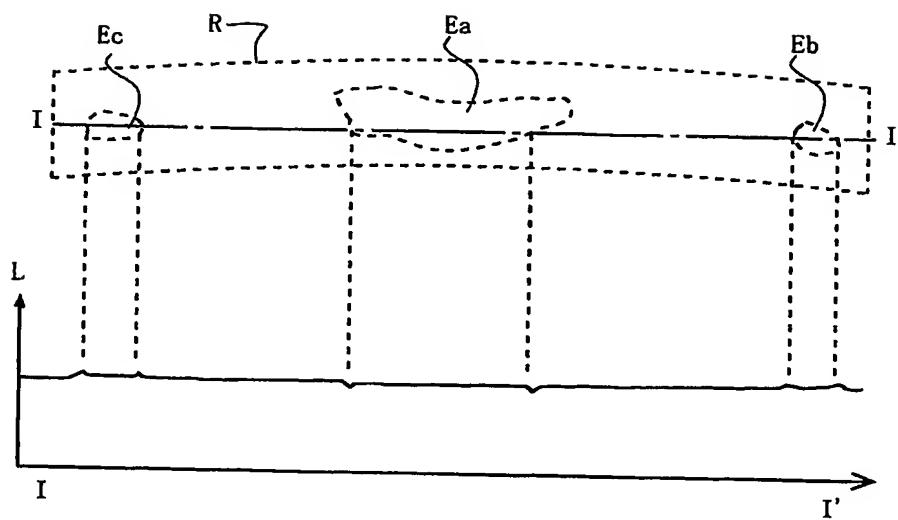
【図 6】



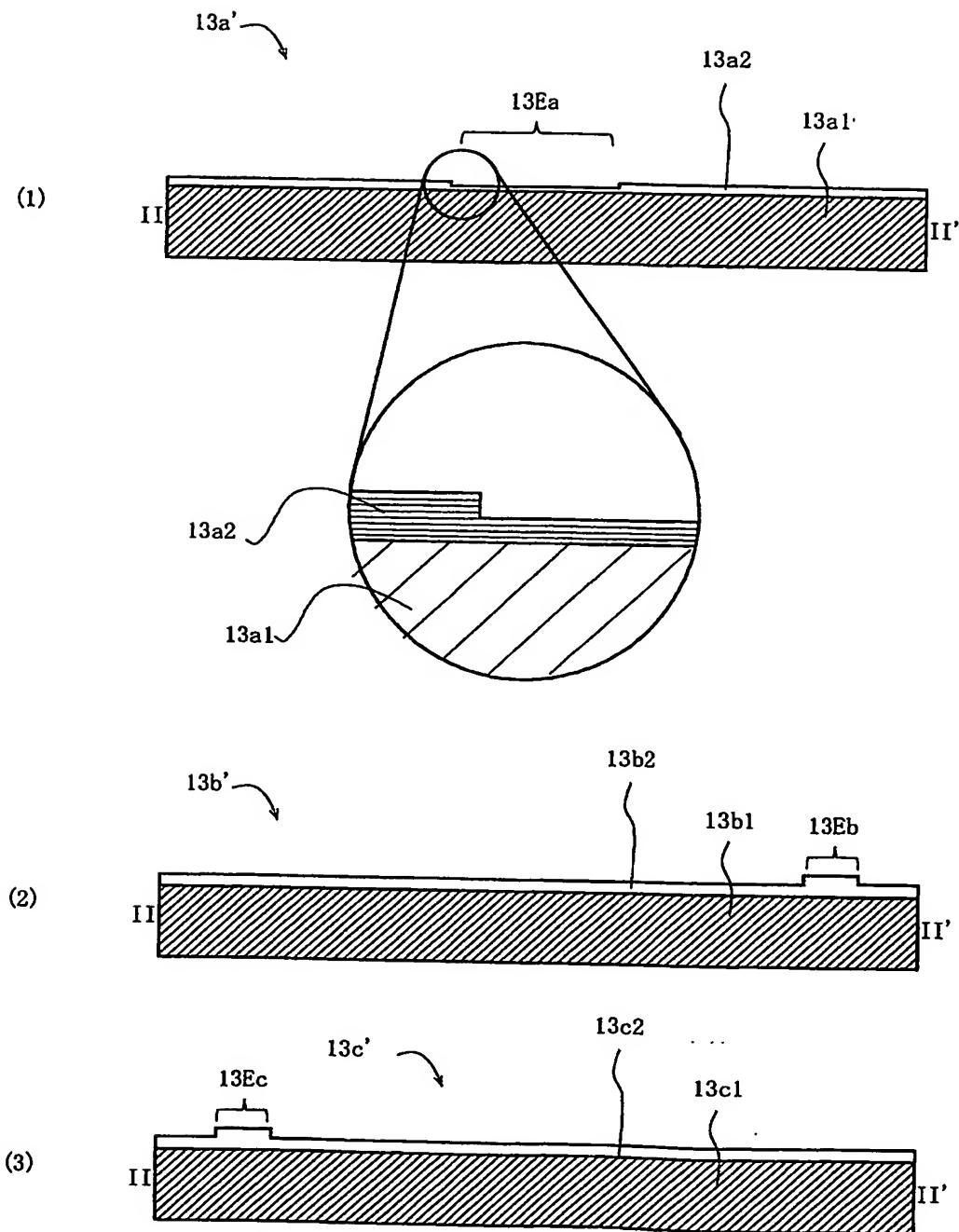
【図7】



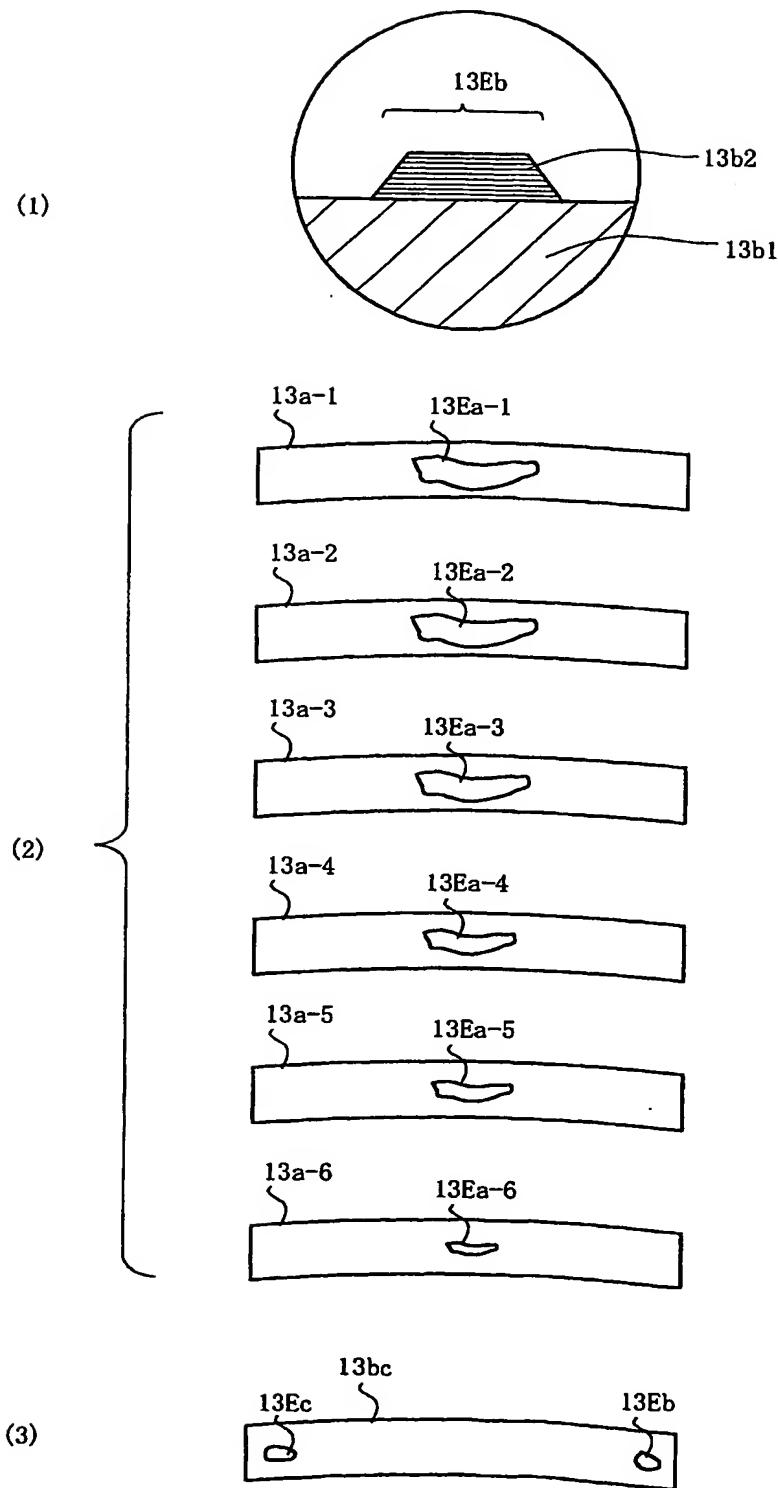
【図8】



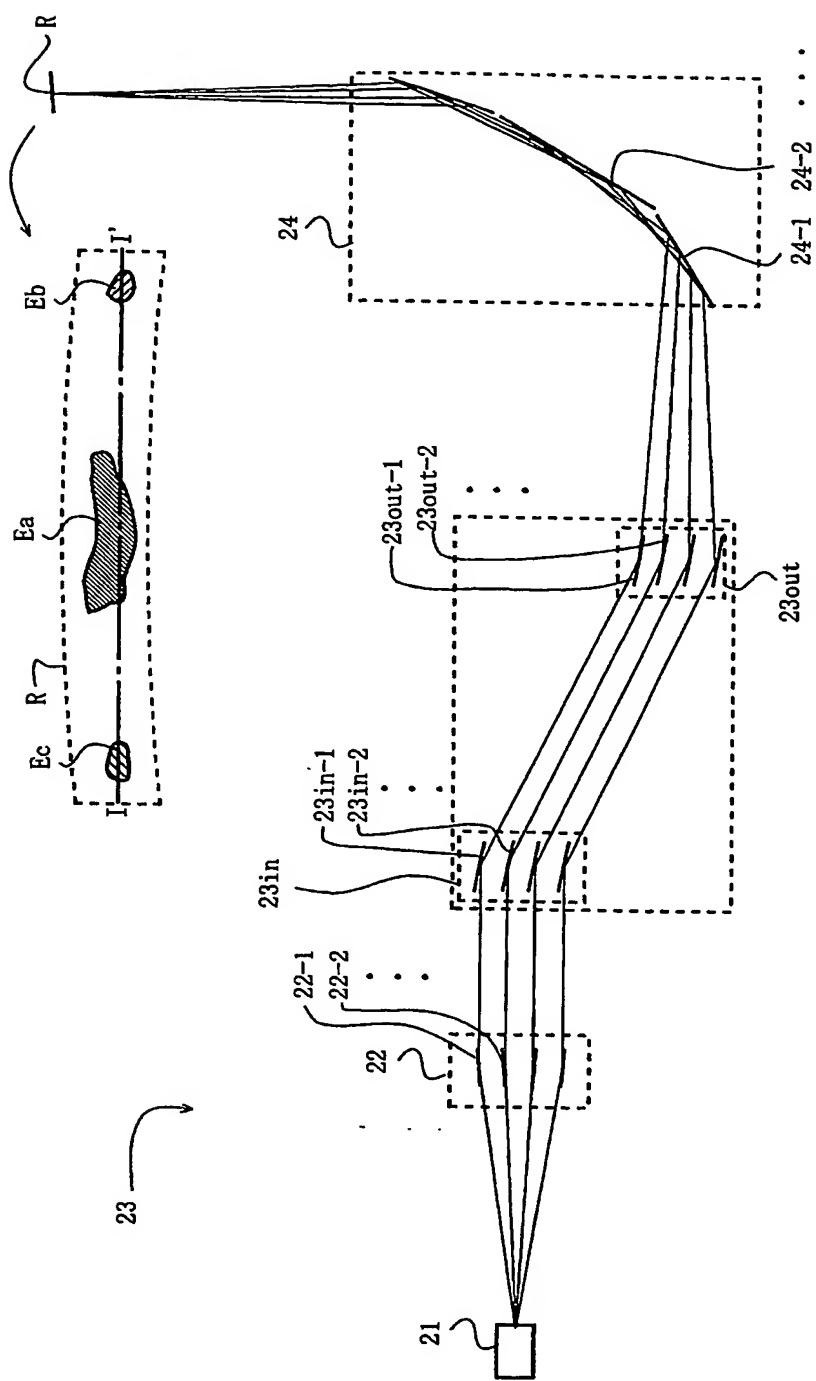
【図9】



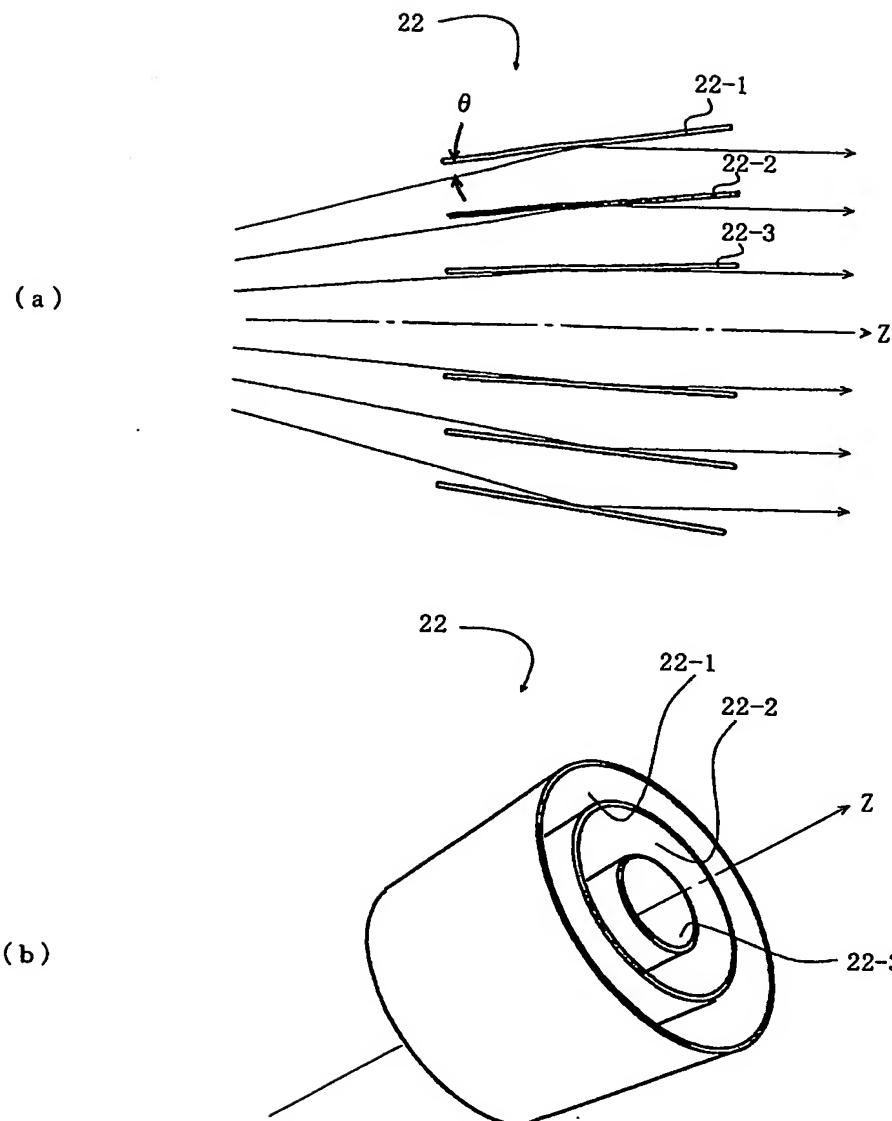
【図10】



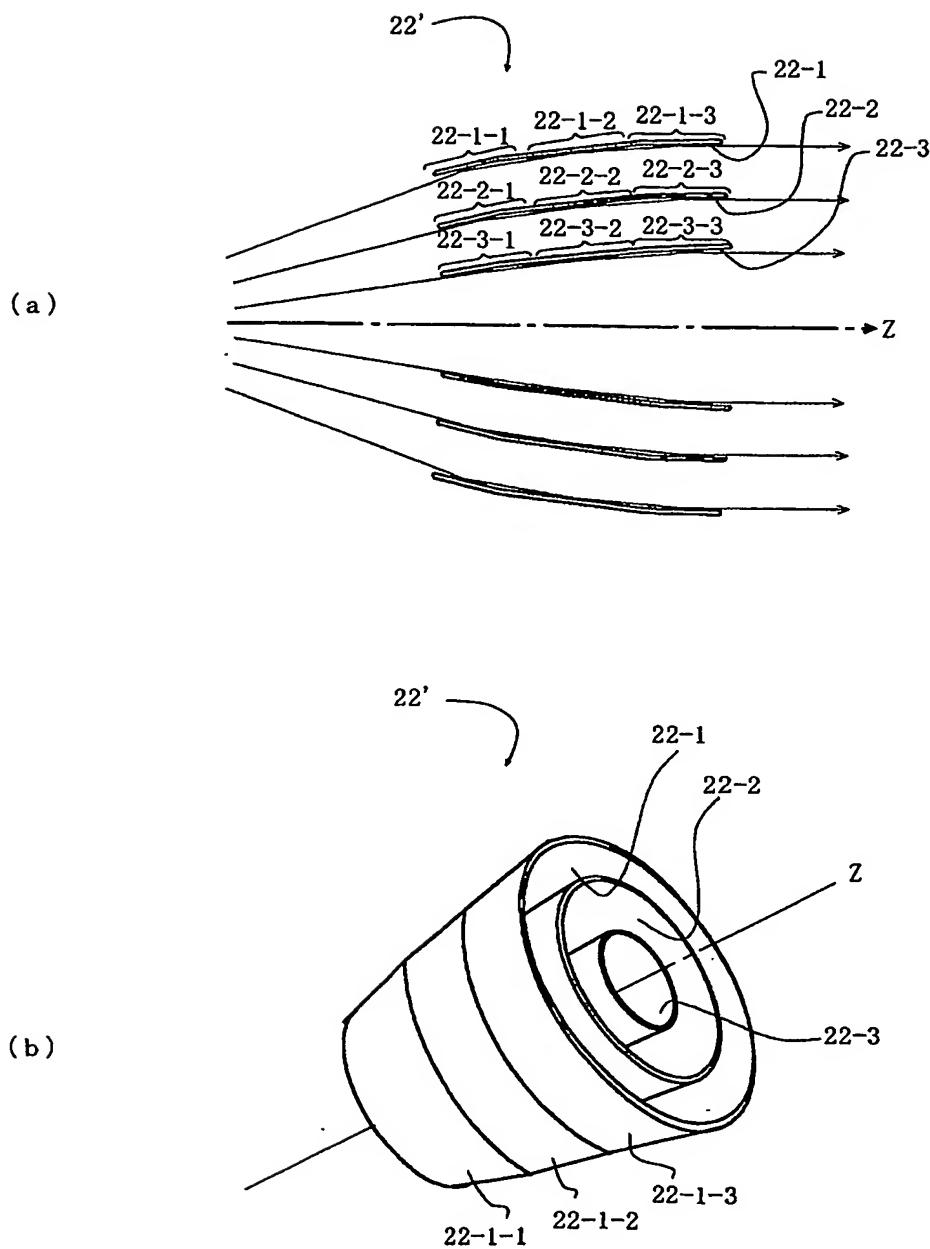
【図11】



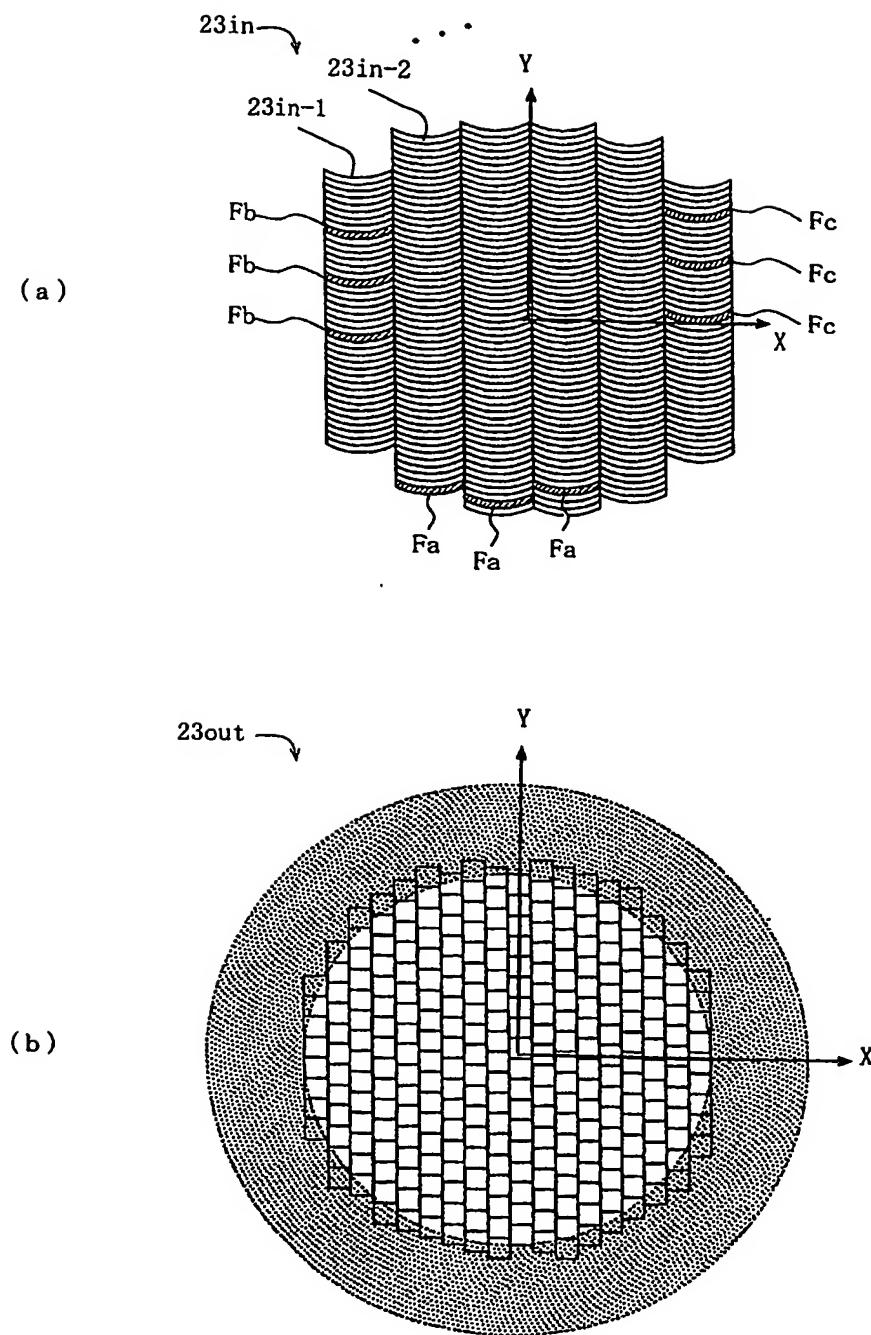
【図12】



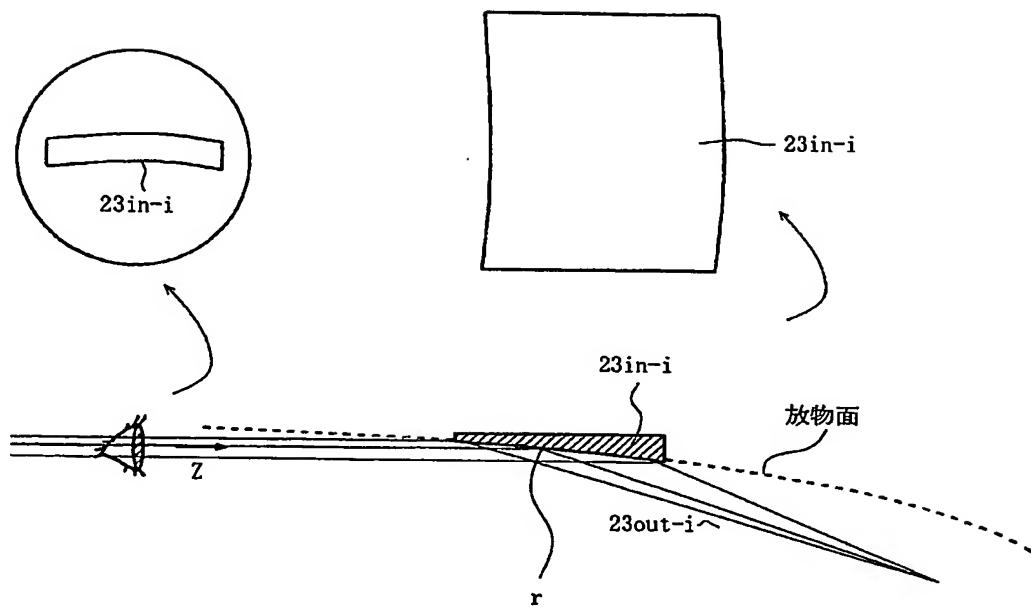
【図13】



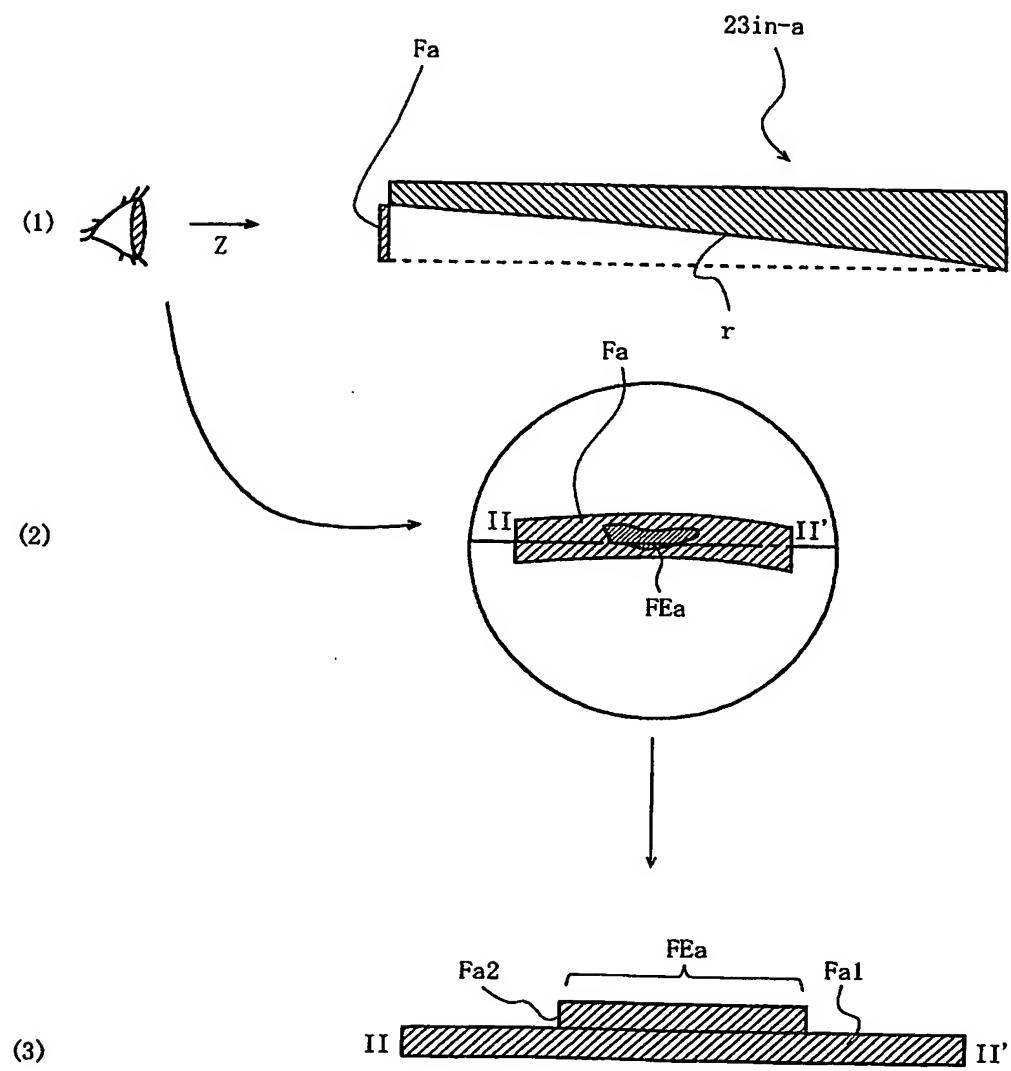
【図14】



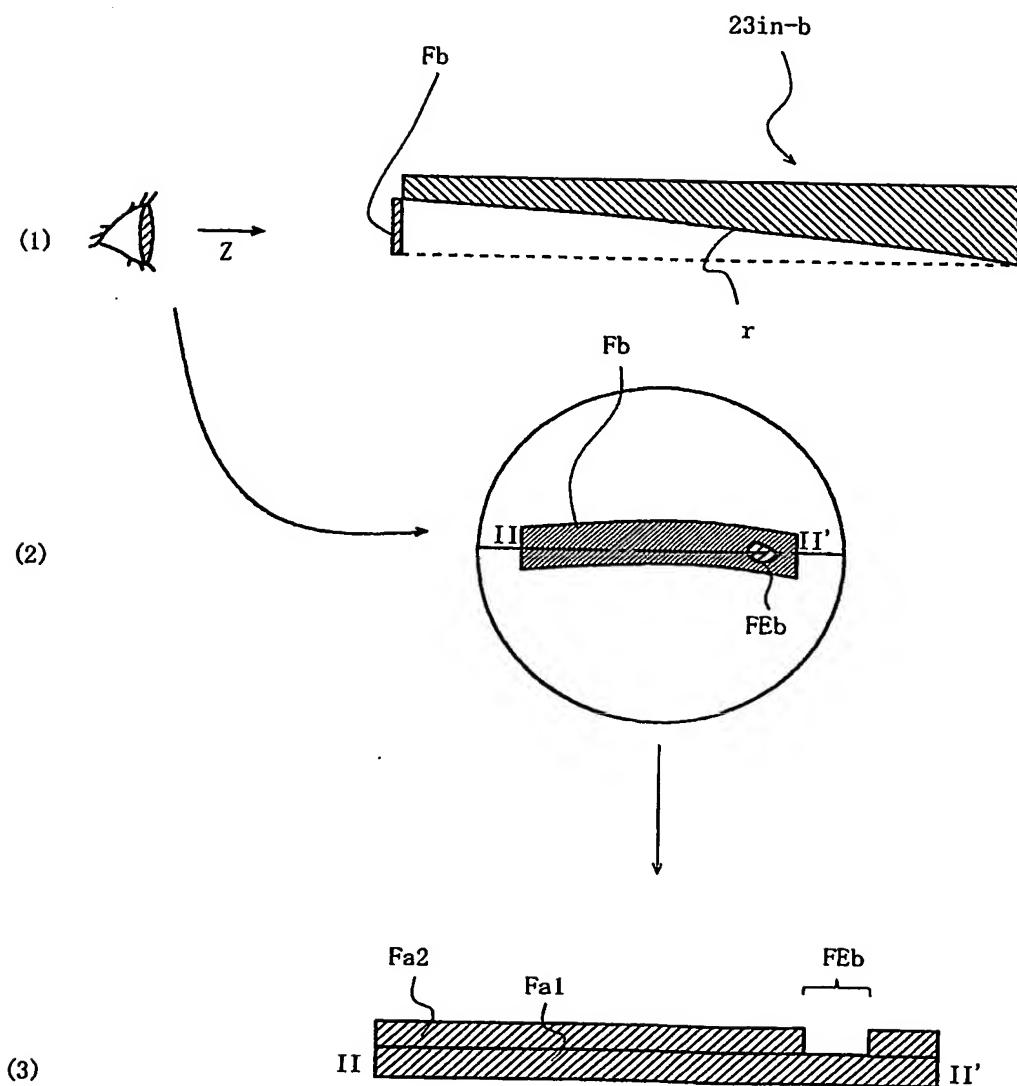
【図15】



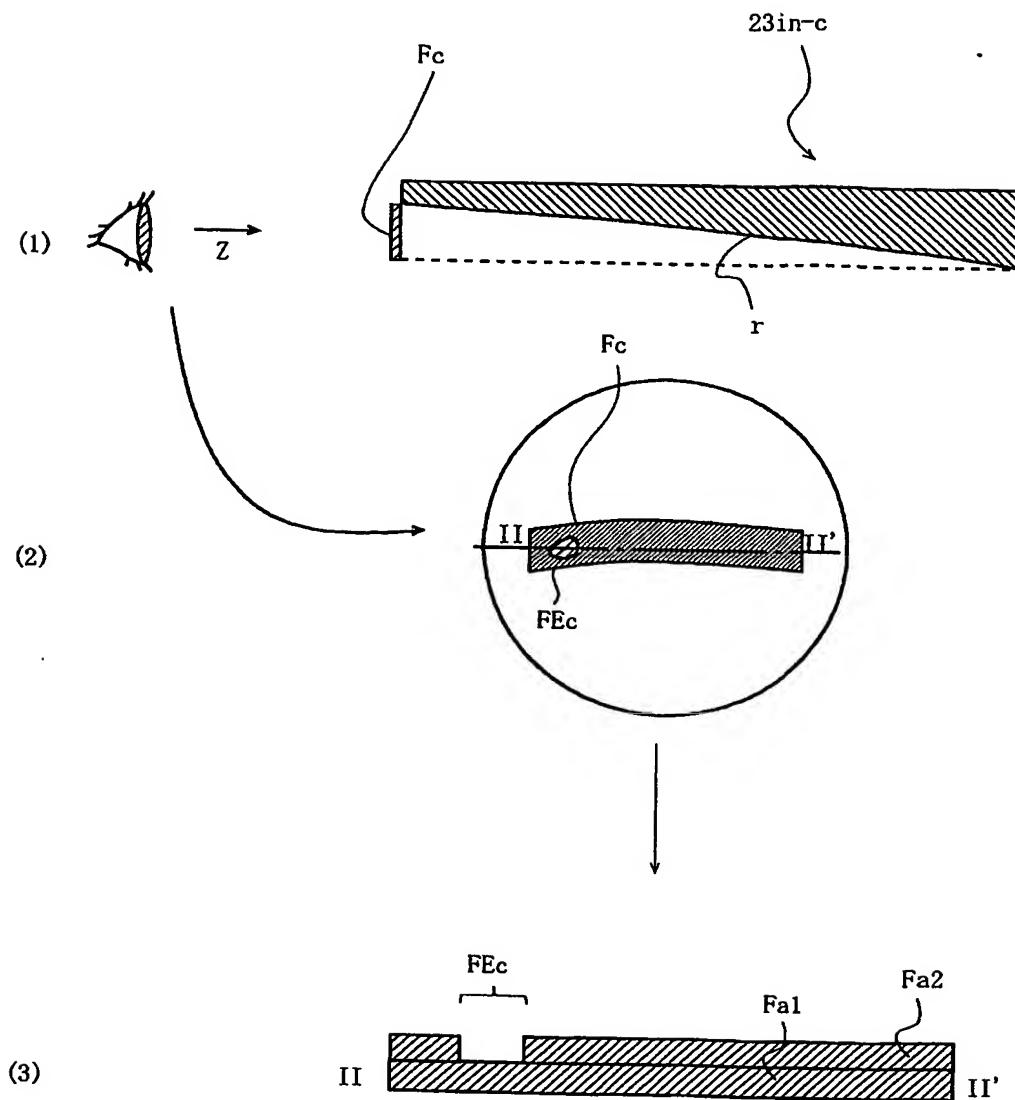
【図16】



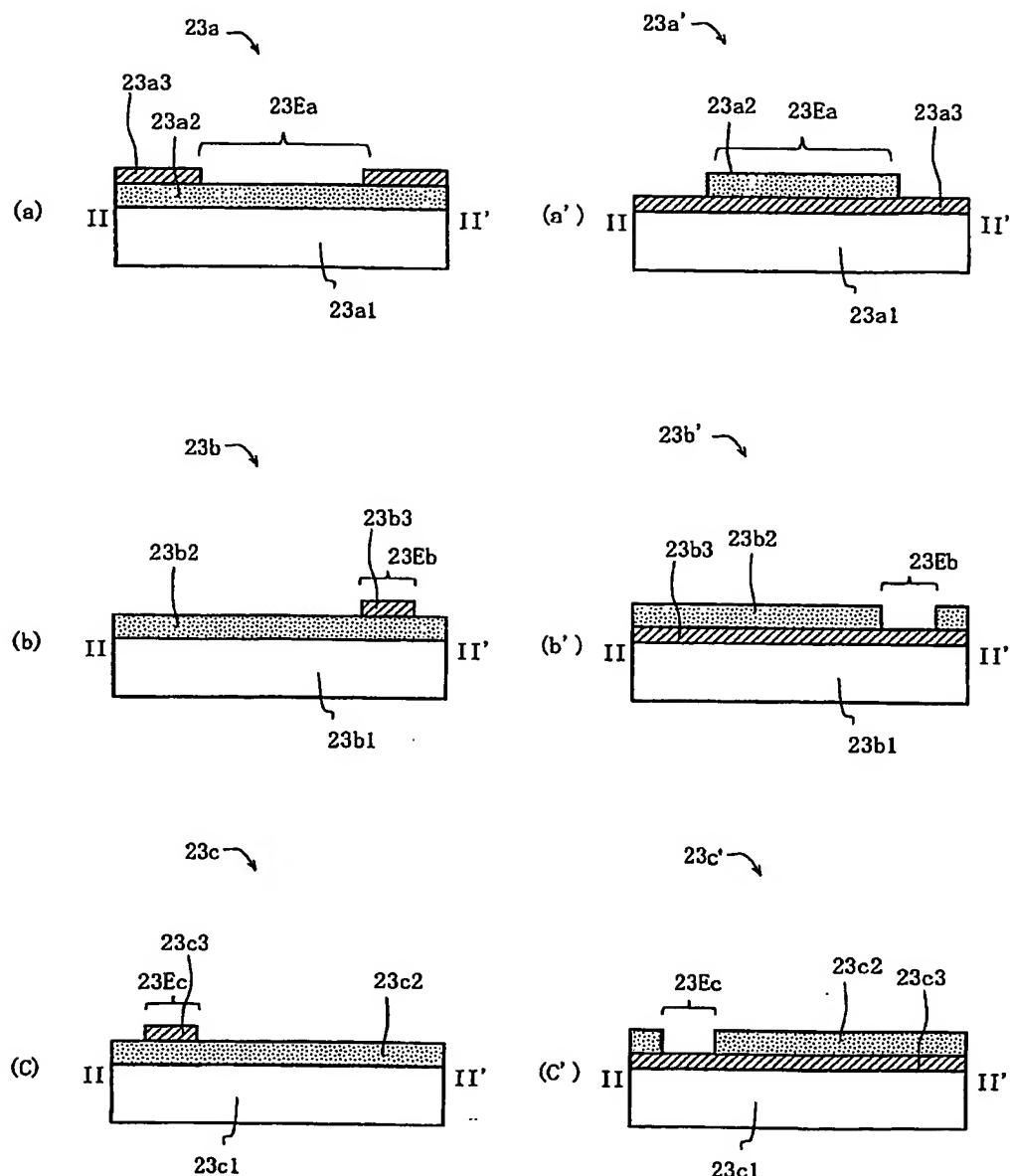
【図17】



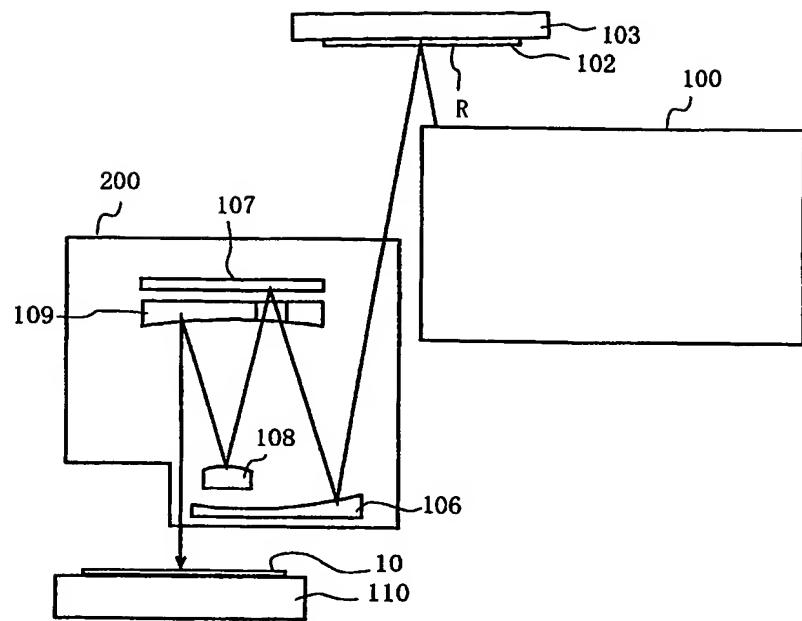
【図18】



【図19】



【図20】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光学系の組み立て後に生じる僅かな照明ムラまでもが低減されたEUV光使用の照明光学系を提供する。

【解決手段】 極端紫外光を出射する光源、コリメータ、フライアイミラー（13）、及びコンデンサを順に配置し、そのコンデンサの射出側における所定の照明領域をケーラー照明する照明光学系において、前記フライアイミラー（13）を構成する複数の単位ミラー（13in-i）のうち少なくとも一つは、前記照明領域の照明ムラの一部又は全部を補正するための反射率ムラを有した補正ミラー（13a, 13b, 13c）であることを特徴とする。

【選択図】 図3

特願 2003-131440

出願人履歴情報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名 株式会社ニコン

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.